

**PENERAPAN FUZZY CRITICAL PATH METHOD
PADA JARINGAN PROYEK**

SKRIPSI

**OLEH
MUHTAR LATIF ANSHORI
NIM. 10610084**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**PENERAPAN FUZZY CRITICAL PATH METHOD
PADA JARINGAN PROYEK**

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
Muhtar Latif Anshori
NIM. 10610084**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

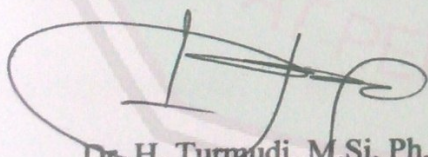
**PENERAPAN FUZZY CRITICAL PATH METHOD
PADA JARINGAN PROYEK**

SKRIPSI

Oleh
Muhtar Latif Anshori
NIM. 10610084

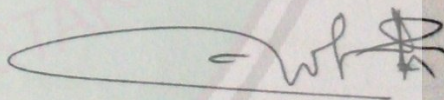
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 1 Oktober 2016

Pembimbing I,



Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D
NIP. 19571005 198203 1 006

Pembimbing II,



H. Wahyu H. Irawan, M.Pd
NIP. 19710420 200003 1 003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika



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

**PENERAPAN FUZZY CRITICAL PATH METHOD
PADA JARINGAN PROYEK**

SKRIPSI

Oleh
Muhtar Latif Anshori
NIM. 10610084

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 28 Oktober 2016

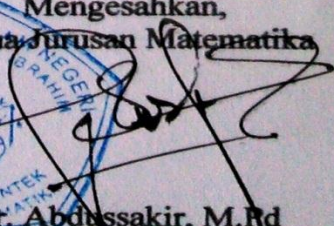
Penguji Utama : Dr. Abdussakir, M.Pd

Ketua Penguji : Evawati Alisah, M.Pd

Sekretaris Penguji : Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D

Anggota Penguji : H. Wahyu H. Irawan, M.Pd

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Matematika


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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhtar Latif Anshori

NIM : 10610084

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Penerapan *Fuzzy Critical Path Method* pada Jaringan Proyek

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan hasil pikiran atau tulisan 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, 25 September 2016
Yang membuat pernyataan,



Muhtar Latif Anshori
NIM. 10610084

MOTO

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia” (HR.
Ahmad).



PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ibunda tersayang Siti Nadliroh yang selalu menginspirasi penulis

Ayahanda Slamet yang selalu mengajarkan arti perjuangan kepada penulis

Ketiga saudara tersayang Ahmad Fauzi, Dwi Nurdiansyah, dan Annisa Wahyu
yang senantiasa memberikan motivasi yang tiada tara.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Penerapan *Fuzzy Critical Path Method* pada Jaringan Proyek” ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada nabi Muhammad Saw. yang telah menuntun umat manusia dari jaman jahiliyah menuju jaman ilmiah.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mengarahkan, membimbing dan memberikan pemikirannya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih penulis sampaikan 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. Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan yang terbaik selama penyelesaian skripsi ini.
5. H. Wahyu Hengky Irawan, M.Pd, selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan saran dan bimbingan yang terbaik selama penulisan skripsi ini.

6. Seluruh dosen Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan seluruh staf serta karyawan.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Slamet dan Almh. Ibu Nadliroh tercinta, kakak dan adik yang selama ini memberikan segala yang terbaik untuk penulis yang tiada pernah terkira.
8. Teman-teman mahasiswa Jurusan Matematika angkatan 2010, Wildan Hakim, Wahyudi, Khairul Umam, Mohamad Yunus, Lukman Hakim, dan Qoid Humaini yang rela meluangkan waktunya untuk bertukar pikiran dengan penulis.
9. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebut satu persatu, penulis ucapkan terima kasih atas bantuannya.

Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menambah wawasan keilmuan khususnya bidang matematika. Amin.

Malang, Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGAJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

HALAMAN MOTO

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

ABSTRAK xv

ABSTRACT xvi

ملخص xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Himpunan <i>Fuzzy</i>	7
2.2 Bilangan <i>Fuzzy</i>	10
2.2.1 Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga	10
2.2.2 Operasi pada Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga	11
2.2.3 Defuzzifikasi Metode <i>Centroid</i>	12
2.3 <i>Critical Path Method (CPM)</i>	12
2.3.1 Kerangka Kerja <i>CPM</i>	15
2.3.2 Model Aktivitas	15
2.3.3 Asumsi dan Cara Perhitungan	18
2.4 <i>Fuzzy Critical Path Method (FCPM)</i>	22
2.5 Lintasan Kritis	24

2.6 Manajemen Waktu dalam Islam	26
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Pendekatan Penelitian	28
3.2 Data dan Sumber Data	28
3.3 Analisis Data	29
3.4 Diagram Alur Penelitian	29
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Penjadwalan Proyek menggunakan <i>F</i> CPM	32
4.1.1 Pembuatan Jaringan Kerja	32
4.1.2 Perhitungan Nilai <i>Earliest Time</i> untuk Setiap Aktivitas <i>Fuzzy</i>	32
4.1.3 Perhitungan Nilai <i>Latest Time</i> untuk Setiap Aktivitas <i>Fuzzy</i>	40
4.1.4 Perhitungan Nilai <i>Slack Time</i> ($\widetilde{TF}_{i,j}$) untuk Setiap Aktivitas <i>Fuzzy</i>	47
4.1.5 Proses Defuzzifikasi pada <i>Slack Time</i>	50
4.1.6 Lintasan Kritis	52
4.2 Konsep Lintasan Kritis dalam Agama	53
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR RUJUKAN	58
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Penjadwalan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang	31
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Earliest Time</i> , <i>Lates Time</i> , dan <i>Slack Time</i>	50
Tabel 4.3 Aktivitas Kritis pada Jaringan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bilangan <i>Fuzzy</i> Segitiga	11
Gambar 2.2	<i>Activity on Arrow</i>	16
Gambar 2.3	<i>Activity on Node</i>	16
Gambar 2.4	Contoh Jaringan Kerja	16
Gambar 2.5	Hubungan Antar Aktivitas I	17
Gambar 2.6	Hubungan Antar Aktivitas II	17
Gambar 2.7	Hubungan Antar Aktivitas III	17
Gambar 2.8	Hubungan Antar Aktivitas IV	17
Gambar 2.9	Hubungan Antar Aktivitas yang Menggunakan Aktivitas <i>Dummy</i>	17
Gambar 2.10	Lingkaran Kejadian	19
Gambar 2.11	<i>Event</i> Beberapa Aktivitas Alur Maju	20
Gambar 2.12	<i>Event</i> Beberapa Aktivitas Alur Mundur	21
Gambar 3.1	Alur Penelitian	30
Gambar 4.1	Jaringan Penjadwalan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang	32
Gambar 4.2	Aktivitas 1-2	33
Gambar 4.3	Aktivitas 1-3	33
Gambar 4.4	Aktivitas 3-4	34
Gambar 4.5	Aktivitas 2-5	34
Gambar 4.6	Aktivitas 4-6	35
Gambar 4.7	Aktivitas 4-7	35
Gambar 4.8	Aktivitas 5-8	36

Gambar 4.9	Aktivitas 7-9	36
Gambar 4.10	Aktivitas-aktivitas yang Menuju <i>Node</i> 11	39
Gambar 4.11	Aktivitas 11-12	39
Gambar 4.12	Aktivitas 12-11	40
Gambar 4.13	Aktivitas 11-10	41
Gambar 4.14	Aktivitas 11-9	41
Gambar 4.15	Aktivitas 11-8	42
Gambar 4.16	Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada <i>Node</i> 7	42
Gambar 4.17	Aktivitas 11-6	43
Gambar 4.18	Aktivitas 8-5	43
Gambar 4.19	Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada <i>Node</i> 4	44
Gambar 4.20	Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada <i>Node</i> 3	45
Gambar 4.21	Aktivitas 5-2	46
Gambar 4.22	Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada <i>Node</i> 1	46
Gambar 4.23	Lintasan Kritis pada Jaringan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang	

ABSTRAK

Anshori, Muhtar Latif. 2016. **Penerapan Fuzzy Critical Path Method pada Jaringan Proyek**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D. (II) H. Wahyu H. Irawan, M.Pd

Kata kunci: *Fuzzy Critical Path Method*, Bilangan *Fuzzy* Segitiga, Defuzzifikasi *Centroid*, Jaringan Proyek *Fuzzy*

Critical Path Method (CPM) adalah salah satu alat perencanaan dan pengontrolan pada proyek yang kompleks. *CPM* dapat bekerja secara efisien ketika durasi aktivitas dalam sebuah proyek diketahui secara pasti. Namun dalam prakteknya, *CPM* ini sulit untuk dipenuhi karena dalam jaringan kerja selalu ada durasi aktivitas yang dapat berubah kapan akan dimulainya. Sebuah metode alternatif untuk mengatasi masalah tersebut adalah *Fuzzy Critical Path Method (FCPM)*. *FCPM* telah memberikan suatu cara menemukan lintasan-lintasan kritis yang sesungguhnya dalam suatu jaringan proyek *fuzzy*.

Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan langkah-langkah penerapan *FCPM* untuk menemukan lintasan kritis pada jaringan proyek yang menggunakan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga. Adapun langkah-langkah untuk menemukan lintasan kritis pada jaringan proyek *fuzzy* dengan menggunakan *FCPM* adalah: 1) membuat jaringan asiklik, 2) menghitung *earliest time* dengan menggunakan perhitungan maju, 3) menghitung *latest time* dengan perhitungan mundur, 4) menghitung kelonggaran waktu, 5) menghitung defuzzifikasi untuk setiap aktivitas, 6) menentukan lintasan kritis dari aktivitas-aktivitas kritis yang terhubung.

Dengan menggunakan *FCPM* dan diterapkan pada penjadwalan proyek pembangunan ruang pameran taman budaya Malang yang durasi aktivitasnya menggunakan bilangan *fuzzy* segitiga menghasilkan lintasan kritis yaitu pada titik 1-3-4-7-9-11-12 yang urutannya sebagai berikut, (a) pekerjaan pendahulu, (b) pekerjaan beton, (c) pekerjaan konstruksi baja, (d) pekerjaan plafon, (e) pekerjaan instalasi air, (f) pekerjaan pengecatan, dan (g) pekerjaan akhir, dengan total waktu penyelesaian berada pada kisaran 160 hari, dengan waktu paling cepat diselesaikannya proyek 132 hari dan paling lama 207 hari. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya jika aktivitas-aktivitas yang ada di lintasan kritis juga dipercepat. Oleh karena itu aktivitas-aktivitas kritis perlu pengawasan ketat agar seluruh proyek tidak tertunda penyelesaiannya.

ABSTRACT

Anshori, Muhtar Latif. 2016. **Application of Fuzzy Critical Path Method on Network Project**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D. (II) H. Wahyu H. Irawan, M.Pd.

Keywords: Fuzzy Critical Path Method, Triangular Fuzzy Numbers, Centroid defuzzification, Fuzzy Project Network

Mathematics as a basic science that can be used to solve a variety of problems in everyday life. One of them is the problem of scheduling within a project. Scheduling is done to predict the duration of time required in the completion of the project. Critical Path Method (CPM) is one of the tools in the planning and control of complex projects. CPM can work efficiently when the duration of the activity in a project is known. However, in practice, CPM is usually difficult to meet because in the project network there always a duration of activity which may change over time of the start. An alternative method to solve the problem is Fuzzy Critical Path Method (FCPM). FCPM has provided a way of finding the real critical paths in a fuzzy network project.

The purpose of this study was to describe the implementation steps of FCPM to determine the critical path on the network project that uses activity durations of triangular fuzzy numbers. The steps to find the critical path in the project network fuzzy using FCPM are: 1) creating an acyclic network, 2) calculating the fuzzy earliest time using forward calculations, 3) calculating the fuzzy latest time with the backward calculations, 4) calculating slack time, 5) defuzzification for each activity, 6) determining the critical path of connected critical activities.

By applying FCPM to the scheduling of cultural park showroom projects construction of Malang in which the duration of activity used triangular fuzzy numbers to produce the critical path is at the point 1-3-4-7-9-11-12. The sequence is as follows, (a) a job precursor, (b) the concrete work, (c) the construction work steel, (d) employment ceiling, (e) the installation work of water, (f) a painting, and (g) the final work, with total completion time is at the range of 160 days, with the fastest time of the completion of the project is 132 days and a maximum is 207 days. Project completion can be accelerated if the activities on the critical path are also accelerated. Therefore, the critical activities critical need a strict supervision so that the completion of whole project is not delayed.

ملخص

الانصاري، مختار لطيف. 2016. تطبيق طريقة Fuzzy Critical Path Method في شبكة مشروع. بحث جامعي. شعبة الرياضيات كلية العلوم والتكنولوجيا. الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفون : (I) الدكتور التورموذي الحاج الماجستير، (II) وحيوايراوان الحج الماجستير

الكلمات الرئيسية: طريقة Fuzzy Critical Path Method ، أرقام غامض المثلث، defuzzification centroid، شبكة المشروع الغامضة

Critical Path Method (CPM) هي واحدة من الأدوات في التخطيط وإدارة المشاريع المعقدة. الاجتماع التحضيري للمؤتمر يمكن أن تعمل بكفاءة عندما مدة النشاط في مشروع معروفة. ومع ذلك، من الناحية العملية، CPM من الصعب تلبية لأن الشبكة هي دائما فترة النشاط التي قد تتغير بدايتها مع مرور الوقت. طريقة بديلة لحل المشكلة هي طريقة Fuzzy Critical Path Method (FCPM). وقد وفرت FCPM وسيلة لإيجاد مسارات حرجة الحقيقية في شبكة مشروع غامض.

وكان الغرض من هذه الدراسة هو لوصف تنفيذ الخطوات FCPM للعثور على المسار الحرج على شبكة مشروع يستخدم فترات النشاط الأرقام غامض الثلاثي. الخطوات للعثور على المسار. الحرج في شبكة مشروع غامض باستخدام FCPM هي: (1) إنشاء شبكة acyclic، (2) حساب أقرب وقت باستخدام العمليات الحسابية المتقدمة، (3) بحساب آخر مرة مع العد التنازلي، (4) حساب وقت الفراغ، (5) حساب defuzzification لكل نشاط، (6) تحديد المسار الحرج من الأنشطة المرتبطة حرجة.

بإستخدام FCPM وتطبيقها على الجدول الزمني للمشاريع البناء صالة العرض الحديقة الثقافية مالانج التي مدة النشاط تستخدم فيها أرقام غامض الثلاثي لإنتاج المسار الحرج هو عند نقطة 12-11-9-7-4-3-1 الذي التسلسل كما يلي: (أ) لأسلافه وظيفة (ب) عمل ملموس، (ج) أعمال البناء الصلب ، (د) سقف العمالة، (هـ) العمل تركيب المياه، (و) لوحة، (ز) العمل النهائي، مع إجمالي وقت الانتهاء هي في حدود 160 يوما، مع أسرع وقت الانتهاء من المشروع 132 يوما ولا تزيد عن 207 أيام. يمكن تسريع إنجاز المشروع في حال تسارع أيضا الأنشطة على المسار الحرج. ولذلك، فإن أنشطة حرجة تحتاج رقابة صارمة بحيث لا يتم تأخير بالملى انتهاء المشروع.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matematika sebagai ilmu pengetahuan dasar dapat digunakan untuk membantu memecahkan berbagai masalah dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan berkembang pesatnya kemajuan teknologi, tidak dapat dipungkiri bahwa matematika telah menjadi bagian dasar bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hampir dapat dipastikan peranan matematika ada di setiap bagian dari ilmu pengetahuan dan teknologi baik dalam kajian umum ilmu murni maupun dalam penerapannya.

Riset operasi merupakan salah satu cabang dari ilmu matematika. Riset operasi merupakan peralatan manajemen yang menyatukan ilmu pengetahuan, matematika dan logika dalam rangka pemecahan masalah yang dihadapi sehari-hari, sehingga akhir permasalahan tersebut dapat diselesaikan secara optimal (Zulfikarijah, 2004:7). Riset operasi sangat membantu dalam menyelesaikan penjadwalan pembangunan sebuah proyek, khususnya proyek skala besar seperti membangun gedung, riset dan pengembangan, pemeliharaan sistem komputer, manajemen bisnis, dan produksi pabrik.

Proyek-proyek yang akan dibangun terdiri dari banyak aktivitas yang saling terhubung, yang masing-masing aktivitas memiliki durasi pengerjaan yang berbeda. Sehingga diperlukan manajemen proyek yang dapat mengoptimalkan waktu pengerjaan pada sebuah jaringan proyek. Dua teknik perencanaan jaringan kerja yang populer adalah metode lintasan kritis (*Critical Path Method*)

diperkenalkan pada tahun 1957 oleh J.E. Kelly dari Remington Rand dan M.R. Walker dari duPont dan *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* yang dikembangkan pada tahun 1958 oleh US Navy bekerjasama dengan Booz, Allen dan Hamilton (Herjanto, 2008:358).

Critical Path Method (CPM) adalah suatu metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang paling banyak digunakan di antara semua sistem yang menggunakan prinsip pembentukan jaringan (Hutchings, 2004:55). *CPM* 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).

CPM bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas kritis pada lintasan kritis sehingga sumber daya dapat berkonsentrasi pada aktivitas ini agar dapat mengoptimalkan waktu proyek (Kumar dan Kaur, 2010). *CPM* dapat bekerja secara efisien ketika durasi aktivitas dalam sebuah proyek diketahui secara pasti. Namun dalam praktiknya, *CPM* ini biasanya sulit untuk dipenuhi karena dalam jaringan kerja selalu ada durasi aktivitas yang dapat berubah kapan akan dimulainya.

Sebuah metode alternatif untuk mengatasi masalah perubahan durasi aktivitas pada jaringan proyek, metode lintasan kritis *fuzzy (FCPM)* dikenalkan pada akhir 1970an. *FCPM* merupakan metode untuk mengidentifikasi lintasan kritis pada jaringan proyek dengan durasi aktivitas menggunakan bilangan *fuzzy*

atau interval *fuzzy* (Nasution, 1996). *FCPM* telah memberikan suatu cara menemukan lintasan-lintasan kritis yang sesungguhnya dalam suatu jaringan proyek *fuzzy*.

Dalam jaringan proyek, terdapat beberapa aktivitas yang harus dilewati dari awal proyek sampai berakhirnya suatu proyek. Aktivitas-aktivitas tersebut saling terhubung antara aktivitas pendahulu dengan aktivitas berikutnya. Aktivitas pendahulu akan mempengaruhi aktivitas berikutnya. Sebagaimana niat merupakan aktivitas pendahulu sebelum melakukan sesuatu aktivitas ibadah tertentu. Hal ini sesuai dengan hadits yang diriwayatkan oleh sahabat Umar bin Khatab *radhiyallahu'anh*, nabi Muhammad Saw. bersabda,

إِنَّمَا الْأَعْمَالُ بِالنِّيَّاتِ، وَإِنَّمَا لِكُلِّ امْرِئٍ مَا نَوَى

Artinya: “Sesungguhnya setiap amalan tergantung pada niat dan setiap orang akan mendapatkan apa yang ia niatkan” (HR. Bukhari & Muslim).

Hadits di atas menjelaskan bahwa niat merupakan hal yang penting dalam beribadah. Sebelum melakukan suatu ibadah, seseorang harus mempunyai niat terlebih dahulu untuk mengawali kegiatan tersebut. Niat berfungsi sebagai syarat sah dan diterimanya ibadah, jika niat tersebut salah maka akan berpengaruh terhadap diterimanya suatu amal.

Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan *FCPM* dengan menerapkan pada jaringan proyek yang menggunakan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga. Lintasan kritis pada penelitian ini didapat dengan mengaplikasikan proses defuzzifikasi menggunakan metode *centroid* pada kelonggaran waktu (*slack time*) di masing-masing aktivitasnya. Dari penjelasan tersebut, maka

penulis mengambil judul “Penerapan *Fuzzy Critical Path Method* pada Jaringan Proyek”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana prosedur penerapan *FCPM* untuk menemukan lintasan kritis pada jaringan proyek yang menggunakan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga.

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian skripsi ini adalah untuk mendeskripsikan langkah-langkah penerapan *FCPM* untuk menemukan lintasan kritis pada jaringan proyek yang menggunakan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis hanya membatasi:

1. Durasi waktu aktivitas *fuzzy* menggunakan bilangan *fuzzy* segitiga.
2. Tidak terdapat aktivitas *dummy* (aktivitas semu).
3. Proses defuzzifikasi menggunakan metode *centroid* pada *slack time* di masing-masing aktivitasnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Bagi peneliti, menambah ilmu baru sehingga dapat memperluas wawasan yang dimiliki penulis.
2. Bagi pembaca, sebagai tambahan pengetahuan bidang matematika yang diterapkan dalam dunia nyata.
3. Bagi lembaga Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sebagai bahan kepustakaan yang dijadikan sarana pengembangan wawasan keilmuan khususnya di Jurusan Matematika.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam memahami penelitian 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 akan 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*, *CPM*, *FCPM*, lintasan kritis, dan konsep lintasan kritis dalam agama.

Bab III Metode Penelitian

Metode penelitian ini meliputi pendekatan penelitian, data dan sumber data, analisis data, dan diagram alur penelitian.

Bab IV Pembahasan

Pada bab ini akan membahas mengenai langkah langkah untuk menentukan lintasan kritis pada jaringan proyek.

Bab V Penutup

Pada bab ini dijabarkan kesimpulan 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 mana 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). Secara simbolik dapat ditulis

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

Definisi 1:

α -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 $A_{\alpha} = \{x \in A, \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$. Selain itu juga terdapat *strong α -cut*, yakni himpunan tegas dari himpunan fuzzy $\tilde{A}$ yang mempunyai derajat keanggotaan lebih dari derajat keanggotaan yang ditentukan atau dengan kata lain $A'_{\alpha} = \{x \in A, \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha\}$ (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, 2007:75).

2.2 Bilangan Fuzzy

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

1. Himpunan $\tilde{A}$ haruslah himpunan *fuzzy* yang normal
2. $S(\tilde{A})$ merupakan himpunan terbatas
3. Semua α -cut nya adalah selang tertutup dalam $\mathbb{R}$
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*.

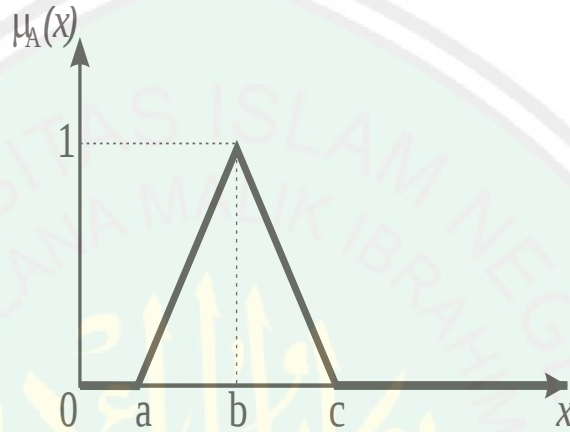
Bilangan *fuzzy* yang paling banyak dipakai dalam aplikasi adalah bilangan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga (bilangan *fuzzy* segitiga) dan bilangan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan trapesium (bilangan *fuzzy* trapesium).

2.4.1 Bilangan Fuzzy Segitiga

Durasi aktivitas dinyatakan dalam bilangan *fuzzy* segitiga. Bilangan *fuzzy* segitiga $\tilde{A}$ dinyatakan dengan $\tilde{A} = (a, b, c)$ adalah himpunan *fuzzy* $\tilde{A}$ di $\mu_{\tilde{A}}(x)$ yang fungsi keanggotaannya adalah:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases}$$

Bilangan fuzzy segitiga ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bilangan Fuzzy Segitiga

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

2.4.2 Operasi pada Bilangan Fuzzy Segitiga

a. Operasi penjumlahan

Misal $\tilde{A}$ dan $\tilde{B}$ adalah dua bilangan fuzzy dengan $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ dan $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$, maka:

$$\begin{aligned} \tilde{A} \oplus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \end{aligned}$$

Contoh, diberikan bilangan fuzzy $\tilde{A} = (3, 2, 4)$ dan $\tilde{B} = (1, 0, 6)$

Maka $\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (3, 2, 4) \oplus (1, 0, 6)$

$$= (3 + 1, 2 + 0, 4 + 6)$$

$$= (4, 2, 10)$$

b. Operasi Pengurangan

Misal $\tilde{A}$ dan $\tilde{B}$ adalah dua bilangan fuzzy dengan $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ dan $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$, maka:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3)\end{aligned}$$

Contoh, diberikan bilangan fuzzy $\tilde{A} = (3, 2, 4)$ dan $\tilde{B} = (1, 0, 6)$ maka:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (3, 2, 4) \ominus (1, 0, 6) \\ &= (3 - 1, 2 - 0, 4 - 6) \\ &= (2, 2, -2)\end{aligned}$$

(Shankar dan Saradhi, 2011).

2.4.3 Defuzzifikasi Metode Centroid

Andaikan $\tilde{A} = (a, b, c)$ merupakan bilangan fuzzy segitiga, maka defuzzifikasi dengan menggunakan *centroid* dapat dihitung dengan rumus:

$$Centroid(\tilde{A}) = \frac{a+b+c}{3}$$

(Shankar, dkk, 2010).

2.3 Critical Path Method (CPM)

Teknik evaluasi dan review proyek atau biasa dikenal *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* dan metode lintasan kritis yang biasa dikenal *Critical Path Method (CPM)* dikembangkan sekitar tahun 1950-an untuk

membantu para manajer melakukan penjadwalan, pemantauan, serta pengendalian proyek-proyek besar dan kompleks. Pada tahun 1957, *CPM* 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).

CPM 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).

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

Pada metode *CPM* terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap aktivitas yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan tersebut yaitu perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (*normal estimate*) dan perkiraan waktu penyelesaian dan 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.

Menurut Hutchings (2004:55-65), teknik *CPM* 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.

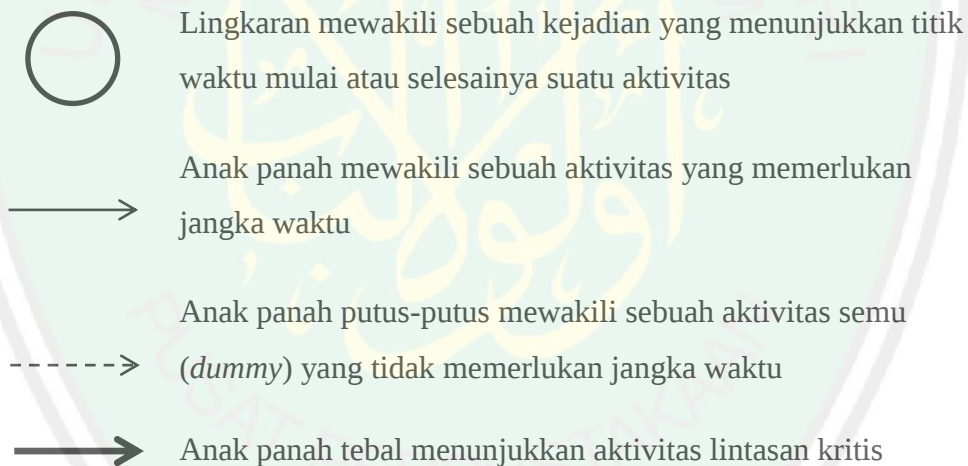
Selain ciri-ciri yang harus dimiliki oleh proyek tersebut, untuk membuat suatu jaringan dengan benar diperlukan sejumlah aturan antara lain:

1. Setiap aktivitas ditunjukkan dengan suatu cabang tertentu (hubungan antara dua kejadian).
2. Antara suatu 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.

2.4 Kerangka Kerja CPM

CPM 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:



2.4.1 Model Aktivitas

Menurut Dimyati dan Dimyati (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.



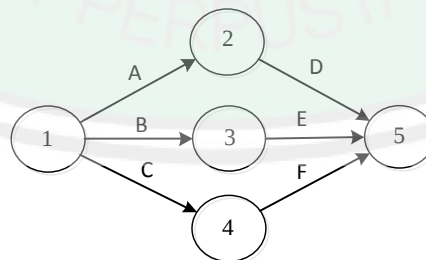
Gambar 2.2 Activity on Arrow

- 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 sebuah jaringan kerja.

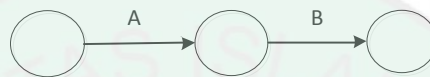


Gambar 2.4 Contoh Jaringan Kerja

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

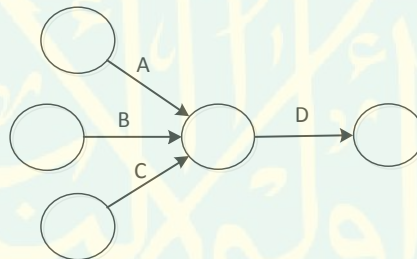
Pada *CPM* terdapat logika ketergantungan antar aktivitas-aktivitas yang ditunjukkan pada gambar-gambar berikut:

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



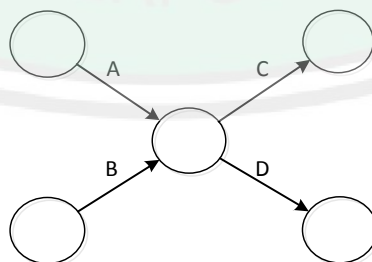
Gambar 2.5 Hubungan Antar Aktivitas I

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



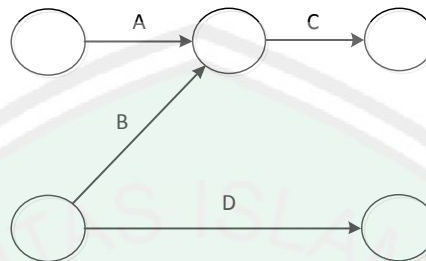
Gambar 2.6 Hubungan Antar Aktivitas II

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



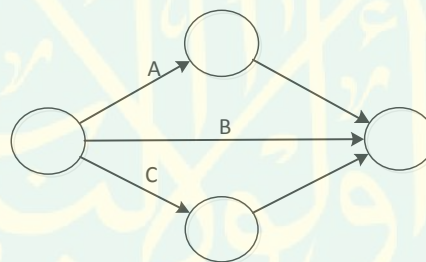
Gambar 2.7 Hubungan Antar Aktivitas III

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



Gambar 2.8 Hubungan Antar Aktivitas IV

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



Gambar 2.9 Aktivitas yang Menggunakan Aktivitas Dummy

2.4.2 Asumsi dan Cara Perhitungan

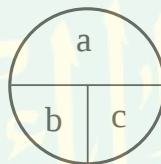
Pada perhitungan penentuan waktu ini digunakan tiga buah asumsi dasar, yaitu sebagai berikut:

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:

- i. 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).
- ii. Kalau *initial event* terjadi pada hari yang ke-nol, maka:

$$ES_{(i,j)} = TE_{(i,j)} = 0$$

$$EF_{(i,j)} = ES_{(i,j)} + t_{(i,j)}$$

$$EF_{(i,j)} = TE_{(i,j)} + t_{(i,j)}$$

iii. *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 (Dimyati dan Dimyati, 1999:182-183).

$$TE_{(j)} = \max(EF_{(i_1,j)}, EF_{(i_2,j)}, \dots, EF_{(i_n,j)})$$

b. Perhitungan Mundur

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

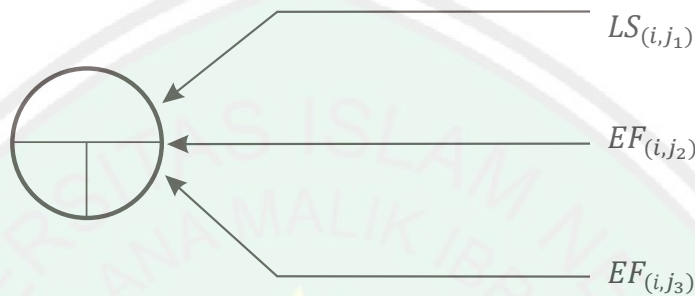
- i. Pada *terminal event* berlaku $TL = TE$
- ii. Saat paling lambat untuk memulai suatu aktivitas sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan durasi aktivitas tersebut.

$$LS = LF - t$$

$$LF_{(i,j)} = TL \text{ dan } TL = TE; \text{ maka}$$

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

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



Gambar 2.12 *Event* Beberapa Aktivitas Menggunakan Alur Maju

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 (Dimiyati dan Dimiyati, 1999:185).

$$TL_{(i)} = \min(LS_{(i,j_1)}, LS_{(i,j_2)}, \dots, LS_{(i,j_n)})$$

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 adalah dihitung dengan cara mencari selisih antara saat paling lambat dimulainya aktivitas dengan saat paling cepat diselesaikannya aktivitas $(LS - ES)$, atau bisa 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).

2.5 Fuzzy Critical Path Method (FCPM)

FCPM merupakan metode untuk mengidentifikasi lintasan kritis pada jaringan proyek dengan durasi aktivitas menggunakan bilangan *fuzzy* atau interval *fuzzy* (Nasution, 1996). *FCPM* telah memberikan suatu cara menemukan lintasan-lintasan kritis yang sesungguhnya dalam suatu jaringan proyek *fuzzy*. Sama halnya dengan perhitungan *CPM* 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 *FCPM*

Perhitungan maju *FCPM* adalah perhitungan yang dimulai dari *node start* dan bergerak ke *node end*. Pada perhitungan maju *FCPM*, akan dihitung waktu *fuzzy* paling awal ($\tilde{TE}_j$) dari kejadian j , waktu *fuzzy* awal mulai $\tilde{E}_{(i,j)}^s$ dari aktivitas

(i, j) , waktu *fuzzy* awal selesai $(\tilde{E}_{(i,j)}^f)$ dari aktivitas (i, j) , dan waktu penyelesaian *fuzzy* $(\tilde{TF})$ dari proyek.

Dengan menerapkan metodologi perhitungan maju CPM dalam lingkup *fuzzy*, dapat dihitung $\tilde{TE}_j$ dan $\tilde{E}_{(i,j)}^f$ sebagai berikut:

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

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

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

$$\tilde{TE}_j = \max \left(\tilde{E}_{(i_1,j)}^f, \tilde{E}_{(i_2,j)}^f, \dots, \tilde{E}_{(i_n,j)}^f \right)$$

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

b. Perhitungan Mundur FCPM

Perhitungan mundur FCPM adalah perhitungan yang dimulai dari *node end* dan bergerak ke *node start*. Pada perhitungan mundur, akan dihitung waktu *fuzzy* paling akhir $(\tilde{TL}_i)$ dari kejadian i , waktu *fuzzy* akhir mulai $\tilde{L}_{(i,j)}^s$ dari aktivitas (i, j) , dan waktu *fuzzy* akhir selesai $(\tilde{L}_{(i,j)}^f)$ dari aktivitas (i, j) . Pada akhir aktivitas suatu proyek berlaku $\tilde{TL} = \tilde{TE}$.

Dengan menerapkan metodologi perhitungan maju CPM dalam lingkup *fuzzy*, dapat dihitung $\tilde{TL}_i$ dan $\tilde{L}_{(i,j)}^s$ sebagai berikut:

$$\tilde{L}_{(i,j)}^s = \tilde{L}_{(i,j)}^f \ominus \tilde{t}_{(i,j)}$$

Dengan $\tilde{L}_{(i,j)}^f = \tilde{TL}$, maka diperoleh $\tilde{L}_{(i,j)}^s = \tilde{L}_{(i,j)}^f \ominus \tilde{t}_{(i,j)}$.

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.

$$\widetilde{TL}_{(i)} = \min(\tilde{L}_{(i,j_1)}^s, \tilde{L}_{(i,j_2)}^s, \dots, \tilde{L}_{(i,j_n)}^s)$$

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

Setelah perhitungan maju dan mundur telah selesai dilakukan dan diperoleh nilai $\widetilde{TE}$ dan $\widetilde{TL}$ untuk semua *node*, maka akan dilakukan perhitungan kelonggaran waktu (*slack time*) masing-masing aktivitas (i, j) . Untuk setiap

Pada perhitungan mundur diketahui bahwa $\tilde{L}_i^s = \widetilde{TL} \ominus t_{(i,j)}$ dan dari perhitungan maju diketahui bahwa $\tilde{E}_i^s = \widetilde{TE}$, maka:

$$\widetilde{TF} = \widetilde{TL} \ominus t_{(i,j)} \ominus \widetilde{TE}$$

2.6 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 didalamnya 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.

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 sebuah jaringan proyek.
2. Lintasan yang biasanya memakan waktu terpanjang dalam sebuah jaringan proyek.
3. Lintasan yang tidak memiliki tenggang waktu antara selesainya suatu tahap aktivitas dengan mulainya suatu tahap aktivitas berikutnya.

2.7 Manajemen Waktu dalam Islam

Dalam surat al-Insyirah ayat 7-8 dijelaskan:

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ۖ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ۝٨

Artinya: “Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap” (QS. Al-Insyirah/94:7-8).

Quraish Shihab dalam tafsir Al-Misbah (2003:364), menjelaskan maksud dari ayat di atas adalah kesungguhan bekerja disertai dengan harapan serta optimisme akan kehadiran bantuan ilahi. Maka apabila engkau telah selesai dari sibukmu, maka bekerjalah dengan sungguh-sungguh hingga engkau letih atau hingga tegak dan nyata suatu persoalan baru dan hanya kepada Tuhanmu saja tidak kepada siapapun selain-Nya dan berkeinginan penuh untuk memperoleh bantuan-Nya dalam menghadapi setiap kesulitan serta melakukan suatu aktivitas.

إِعْتَنِمْ خَمْسًا قَبْلَ خَمْسٍ : شَبَابَكَ قَبْلَ هَرَمِكَ وَ صِحَّتَكَ قَبْلَ سَقَمِكَ وَ غِنَاكَ قَبْلَ فَقْرِكَ وَ فَرَاغَكَ قَبْلَ شُغْلِكَ وَ حَيَاتَكَ قَبْلَ مَوْتِكَ

Artinya: “Gunakanlah lima perkara sebelum lima perkara; masa mudamu sebelum datang masa tuamu, masa sehatmu sebelum datang masa sakitmu, waktu kayamu sebelum datang waktu kefakiranmu, waktu luangmu sebelum datang waktu sibukmu, masa hidupmu sebelum datang ajalmu” (HR. Hakim).

Waktu mudamu sebelum datang waktu tuamu maksudnya: “Lakukanlah ketaatan ketika dalam kondisi kuat untuk beramal (yaitu di waktu muda), sebelum datang masa tua renta”. Waktu sehatmu sebelum datang waktu sakitmu, maksudnya: “Beramallah diwaktu sehat, sebelum datang waktu yang menghalangi untuk beramal seperti diwaktu sakit”. 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”. 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”. Hidupmu sebelum datang kematianmu, maksudnya: “Lakukanlah sesuatu yang bermanfaat untuk kehidupan sesudah matimu, karena siapapun yang mati, maka akan terputus amalnya”.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian sebagai langkah atau proses pemecahan masalah yang sistematis dan ilmiah dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa cara atau metode. Selain itu, penelitian juga dapat dilakukan menggunakan beberapa pendekatan. Berdasarkan sifatnya yang pasif, Arikunto (2010) membagi cara penelitian menjadi tiga, yaitu: *description research* atau penelitian deskriptif, *operation research* (*action research*) atau penelitian tindakan, dan *experiment* atau eksperimen.

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan masalah pada bab I, penelitian tentang penerapan *Fuzzy Critical Path Method* pada jaringan proyek ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Pendekatan deskriptif kuantitatif merupakan penganalisisan dengan menggunakan teori yang mendukung dalam masalah yang diangkat. Pendekatan ini menggambarkan obyek penelitian yang dihubungkan dengan teori-teori yang ada. Tujuan penelitian deskriptif kuantitatif adalah menggambarkan realita empirik sesuai dengan fenomena yang ada secara rinci.

3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa Rencana Anggaran Biaya (RAB) Ruang Pamer Taman Budaya Malang yang diperoleh dari CV. Surya Kencana selaku kontraktor pada proyek tersebut.

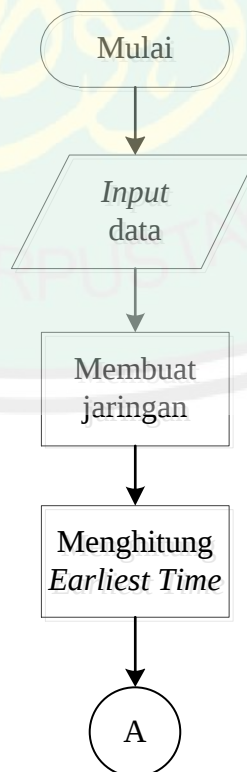
3.3 Analisis Data

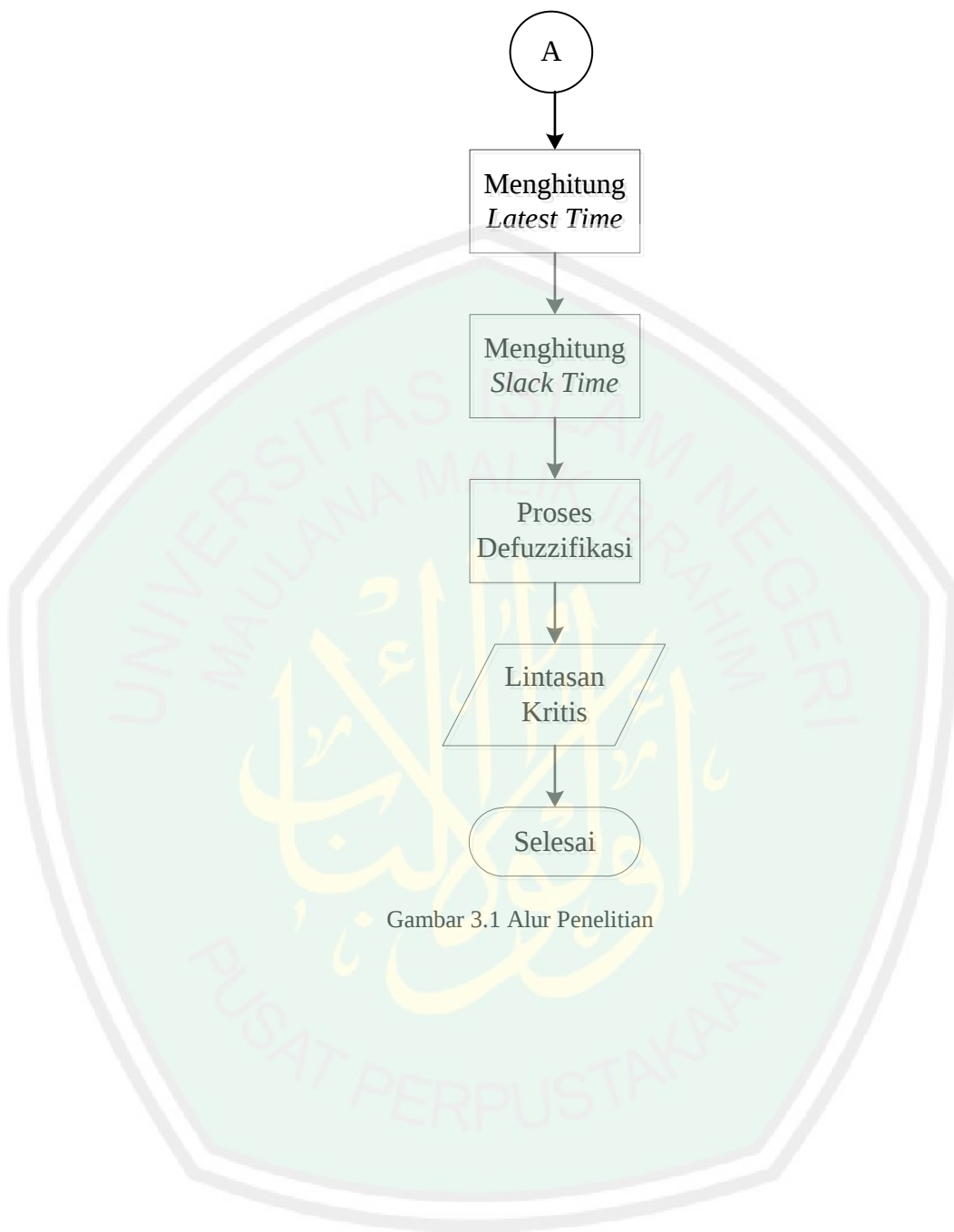
Analisis data dilakukan setelah data terkumpul, kemudian data tersebut diolah sebagai berikut:

1. Penentuan waktu *fuzzy* tiap aktivitas pekerjaan.
2. Pembuatan jaringan kerja.
3. Penghitungan nilai *earliest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
4. Penghitungan nilai *latest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
5. Penghitungan nilai *slack time*.
6. Defuzzifikasi dengan menggunakan metode *centroid* pada nilai *slack time*.
7. Penentuan lintasan kritis dari aktivitas-aktivitas kritis yang terhubung.

3.4 Diagram Alur Penelitian

Dalam Penelitian ini alur pengerjaan mengikuti bagan berikut.





Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, penulis akan menggunakan *Fuzzy Critical Path Method (FCPM)* untuk menganalisis penjadwalan proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang yang beralamat di Jalan Sukarno Hatta No. 7 Malang. Adapun rincian aktivitas dan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Penjadwalan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang

No.	Event	Nama Proyek	Pendahulu	Durasi (hari)	Bilangan Fuzzy Segitiga
1	1	Pekerjaan pendahulu	-	14	(10, 14, 17)
2	2	Pekerjaan pondasi urukan	1	35	(28, 35, 40)
3	3	Pekerjaan beton	1	70	(62, 70, 82)
4	4	Pekerjaan konstruksi baja	3	21	(19, 21, 30)
5	5	Pekerjaan tangga	2	21	(19, 21, 28)
6	6	Pekerjaan pasangan	4	21	(19, 21, 28)
7	7	Pekerjaan plafon	4	14	(10, 14, 17)
8	8	Pekerjaan kusen	5	21	(19, 21, 30)
9	9	Pekerjaan instalasi air	7	21	(17, 21, 30)
10	10	Pekerjaan instalasi listrik	7	14	(12, 14, 21)
11	11	Pekerjaan pengecatan	3, 6, 8, 9, 10	14	(10, 14, 16)
12	12	Pekerjaan akhir	11	6	(3, 6, 10)

Sumber: CV. Sumber Kencana.

Keterangan:

Nilai bilangan *fuzzy* segitiga (10,14,17) menyatakan bahwa perkiraan durasi optimum terselesainya pekerjaan adalah 14 hari, dengan durasi tercepat membutuhkan waktu 10 hari dan terlama membutuhkan waktu 17 hari.

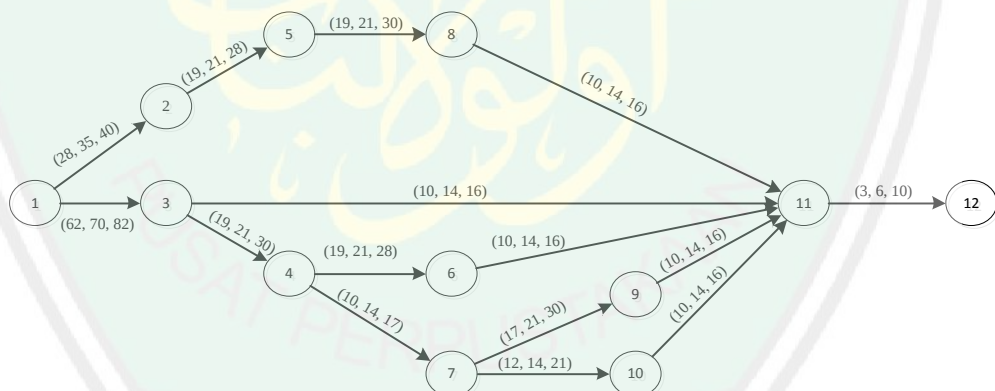
5.1 Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan FCPM

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

4.1.1 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 segitiga. Titik merepresentasikan kejadian dan garis merepresentasikan aktivitas dari 2 kejadian yang terhubung.

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



Gambar 4.1 Jaringan Penjadwalan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang

4.1.2 Perhitungan Nilai *Earliest Time* untuk Setiap Aktivitas Fuzzy

Perhitungan *earliest time* digunakan perhitungan alur maju. Waktu fuzzy paling awal terjadinya aktivitas 1 ($\tilde{TE}_1$) adalah (10, 14, 17), maka saat paling cepat dimulainya aktivitas 1 – 2 ($\tilde{E}_{1-2}^s$) adalah (10, 14, 17), sehingga ($\tilde{E}_{1-2}^f$) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\tilde{E}_{1-2}^s = \tilde{T}E_1$$

$$\tilde{E}_{1-2}^f = \tilde{E}_{1-2}^s \oplus \tilde{t}_{1-2}$$

$$= \tilde{T}E_1 \oplus \tilde{t}_{1-2}$$

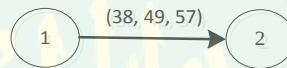
$$= (10, 14, 17) \oplus (28, 35, 40)$$

$$= (38, 49, 57)$$

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

$$\tilde{T}E_2 = \tilde{E}_{1-2}^f$$

$$= (38, 49, 57)$$



Gambar 4.2 Aktivitas 1-2

Aktivitas 1-3

$$\tilde{E}_{1-3}^s = \tilde{T}E_1$$

$$\tilde{E}_{1-3}^f = \tilde{E}_{1-3}^s \oplus \tilde{t}_{1-3}$$

$$= \tilde{T}E_1 \oplus \tilde{t}_{1-3}$$

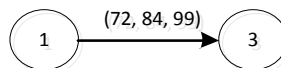
$$= (10, 14, 17) \oplus (62, 70, 82)$$

$$= (72, 84, 99)$$

Karena *node* 1 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 3, maka

$$\tilde{T}E_3 = \tilde{E}_{1-3}^f$$

$$= (72, 84, 99)$$



Gambar 4.3 Aktivitas 1-3

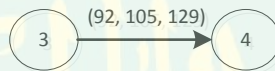
Aktivitas 3-4

$$\tilde{E}_{3-4}^s = \tilde{T}E_3$$

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{3-4}^f &= \tilde{E}_{3-4}^s \oplus \tilde{t}_{3-4} \\ &= \tilde{T}E_3 \oplus \tilde{t}_{3-4} \\ &= (72, 84, 99) \oplus (19, 21, 30) \\ &= (91, 105, 129)\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\tilde{T}E_4 &= \tilde{E}_{3-4}^f \\ &= (91, 105, 129)\end{aligned}$$



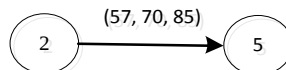
Gambar 4.4 Aktivitas 3-4

Aktivitas 2-5

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{2-5}^s &= \tilde{T}E_2 \\ \tilde{E}_{2-5}^f &= \tilde{E}_{2-5}^s \oplus \tilde{t}_{2-5} \\ &= \tilde{T}E_2 \oplus \tilde{t}_{2-5} \\ &= (38, 49, 57) \oplus (19, 21, 30) \\ &= (57, 70, 85)\end{aligned}$$

Karena *node* 2 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 5, maka

$$\begin{aligned}\tilde{T}E_5 &= \tilde{E}_{2-5}^f \\ &= (57, 70, 85)\end{aligned}$$



Gambar 4.5 Aktivitas 2-5

Aktivitas 4-6

$$\tilde{E}_{4-6}^s = \tilde{T}E_4$$

$$\tilde{E}_{4-6}^f = \tilde{E}_{4-6}^s \oplus \tilde{t}_{4-6}$$

$$= \tilde{T}E_4 \oplus \tilde{t}_{4-6}$$

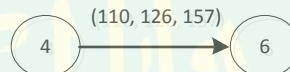
$$= (91, 105, 129) \oplus (19, 21, 28)$$

$$= (110, 126, 157)$$

Karena *node* 4 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 6, maka

$$\tilde{T}E_6 = \tilde{E}_{4-6}^f$$

$$= (110, 126, 157)$$



Gambar 4.6 Aktivitas 4-6

Aktivitas 4-7

$$\tilde{E}_{4-7}^s = \tilde{T}E_4$$

$$\tilde{E}_{4-7}^f = \tilde{E}_{4-7}^s \oplus \tilde{t}_{4-7}$$

$$= \tilde{T}E_4 \oplus \tilde{t}_{4-7}$$

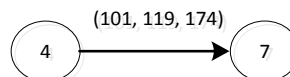
$$= (91, 105, 129) \oplus (10, 14, 17)$$

$$= (101, 119, 174)$$

Karena *node* 4 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 7, maka

$$\tilde{T}E_7 = \tilde{E}_{4-7}^f$$

$$= (101, 119, 174)$$



Gambar 4.7 Aktivitas 4-7

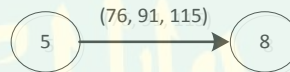
Aktivitas 5-8

$$\tilde{E}_{5-8}^s = \tilde{T}E_5$$

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{5-8}^f &= \tilde{E}_{5-8}^s \oplus \tilde{t}_{5-8} \\ &= \tilde{T}E_5 \oplus \tilde{t}_{5-8} \\ &= (57, 70, 85) \oplus (19, 21, 30) \\ &= (76, 91, 115)\end{aligned}$$

Karena *node* 5 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 8, maka

$$\begin{aligned}\tilde{T}E_8 &= \tilde{E}_{5-8}^f \\ &= (76, 91, 115)\end{aligned}$$



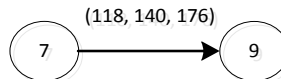
Gambar 4.8 Aktivitas 5-8

Aktivitas 7-9

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{7-9}^s &= \tilde{T}E_7 \\ \tilde{E}_{7-9}^f &= \tilde{E}_{7-9}^s \oplus \tilde{t}_{7-9} \\ &= \tilde{T}E_7 \oplus \tilde{t}_{7-9} \\ &= (101, 119, 174) \oplus (17, 21, 30) \\ &= (118, 140, 176)\end{aligned}$$

Karena *node* 7 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 9, maka

$$\begin{aligned}\tilde{T}E_9 &= \tilde{E}_{7-9}^f \\ &= (118, 140, 176)\end{aligned}$$



Gambar 4.9 Aktivitas 7-9

Aktivitas 7-10

$$\tilde{E}_{7-10}^s = \widetilde{TE}_7$$

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{7-10}^f &= \tilde{E}_{7-10}^s \oplus \tilde{t}_{7-10} \\ &= \widetilde{TE}_7 \oplus \tilde{t}_{7-10} \\ &= (101, 119, 174) \oplus (12, 14, 21) \\ &= (113, 133, 167)\end{aligned}$$

Karena *node* 7 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki *node* 10, maka

$$\begin{aligned}\widetilde{TE}_{10} &= \tilde{E}_{7-10}^f \\ &= (113, 133, 167)\end{aligned}$$

Aktivitas 3-11

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{3-11}^s &= \widetilde{TE}_3 \\ \tilde{E}_{3-11}^f &= \tilde{E}_{3-11}^s \oplus \tilde{t}_{3-11} \\ &= \widetilde{TE}_3 \oplus \tilde{t}_{3-11} \\ &= (72, 84, 99) \oplus (10, 14, 21) \\ &= (101, 119, 150)\end{aligned}$$

Aktivitas 6-11

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{6-11}^s &= \widetilde{TE}_6 \\ \tilde{E}_{6-11}^f &= \tilde{E}_{6-11}^s \oplus \tilde{t}_{6-11} \\ &= \widetilde{TE}_6 \oplus \tilde{t}_{6-11} \\ &= (110, 126, 157) \oplus (10, 14, 21) \\ &= (120, 140, 178)\end{aligned}$$

Aktivitas 8-11

$$\begin{aligned}\tilde{E}_{8-11}^s &= \widetilde{TE}_3 \\ \tilde{E}_{8-11}^f &= \tilde{E}_{8-11}^s \oplus \tilde{t}_{8-11}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \widetilde{T}E_8 \oplus \tilde{t}_{8-11} \\
&= (76, 91, 115) \oplus (10, 14, 21) \\
&= (86, 105, 136)
\end{aligned}$$

Aktivitas 9-11

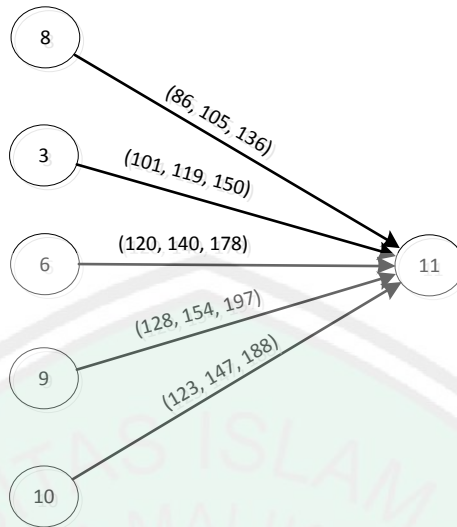
$$\begin{aligned}
\tilde{E}_{9-11}^s &= \widetilde{T}E_9 \\
\tilde{E}_{9-11}^f &= \tilde{E}_{9-11}^s \oplus \tilde{t}_{9-11} \\
&= \widetilde{T}E_9 \oplus \tilde{t}_{9-11} \\
&= (118, 140, 176) \oplus (10, 14, 21) \\
&= (128, 154, 197)
\end{aligned}$$

Aktivitas 10-11

$$\begin{aligned}
\tilde{E}_{10-11}^s &= \widetilde{T}E_{10} \\
\tilde{E}_{10-11}^f &= \tilde{E}_{10-11}^s \oplus \tilde{t}_{10-11} \\
&= \widetilde{T}E_{10} \oplus \tilde{t}_{10-11} \\
&= (113, 133, 167) \oplus (10, 14, 21) \\
&= (123, 147, 188)
\end{aligned}$$

Node 11 merupakan suatu *merge event*, sehingga $\widetilde{T}E_{11}$ sama dengan nilai terbesar dari waktu *fuzzy* awal untuk menyelesaikan setiap aktivitas yang berakhir pada event 11, dapat ditunjukkan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
\widetilde{T}E_{11} &= \max(\tilde{E}_{3-11}^f, \tilde{E}_{6-11}^f, \tilde{E}_{8-11}^f, \tilde{E}_{9-11}^f, \tilde{E}_{10-11}^f) \\
&= \max((101, 119, 150), (120, 140, 178), (86, 105, 136), (128, 154, 197), \\
&\quad (123, 147, 188)) \\
&= (128, 154, 197)
\end{aligned}$$



Gambar 4.10 Aktivitas-aktivitas yang Menuju Node 11

Aktivitas 11-12

$$\tilde{E}_{11-12}^s = \tilde{T}E_{10}$$

$$\tilde{E}_{11-12}^f = \tilde{E}_{11-12}^s \oplus \tilde{t}_{11-12}$$

$$= \tilde{T}E_{11} \oplus \tilde{t}_{11-12}$$

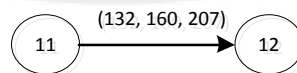
$$= (128, 154, 197) \oplus (4, 6, 10)$$

$$= (132, 160, 207)$$

Aktivitas 11 merupakan satu-satunya aktivitas yang memasuki node 12, maka

$$\tilde{T}E_{12} = \tilde{E}_{11-12}^f$$

$$= (132, 160, 207)$$



Gambar 4.11 Aktivitas 11-12

Dari perhitungan nilai *earliest time* dengan perhitungan alur maju dapat diketahui total waktu penyelesaian proyek, yaitu (132, 160, 207). Total hari tersebut digunakan sebagai acuan untuk melakukan perhitungan nilai *latest time* dengan perhitungan alur mundur.

4.1.3 Perhitungan Nilai *Latest Time* untuk Setiap Aktivitas *Fuzzy*

Pada perhitungan *latest time*, digunakan perhitungan alur mundur yang berlaku di *terminal event* $\widetilde{TE} = \widetilde{TL}$, dari perhitungan maju diperoleh $\widetilde{TE}_{12} = (132, 160, 207)$, sehingga $\widetilde{TL}_{12} = (132, 160, 207)$.

Aktivitas 11-12

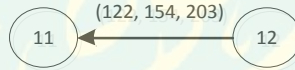
$$\widetilde{L}_{(11-12)}^s = \widetilde{L}_{(11-12)}^f \ominus \widetilde{t}_{(11-12)}$$

$$\widetilde{TL}_{(12)} = \widetilde{L}_{(11-12)}^f, \text{ sehingga}$$

$$\begin{aligned} \widetilde{L}_{(11-12)}^s &= \widetilde{TL}_{(12)} \ominus \widetilde{t}_{(11-12)} \\ &= (132, 160, 207) \ominus (4, 6, 10) \\ &= (122, 154, 203) \end{aligned}$$

Karena *node* 12 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 11, maka

$$\begin{aligned} \widetilde{TL}_{(11)} &= \widetilde{L}_{(11-12)}^s \\ &= (122, 154, 203) \end{aligned}$$



Gambar 4.12 Aktivitas 12-11

Aktivitas 10-11

$$\widetilde{L}_{(10-11)}^s = \widetilde{L}_{(10-11)}^f \ominus \widetilde{t}_{(10-11)}$$

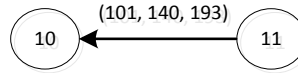
$$\widetilde{TL}_{(11)} = \widetilde{L}_{(10-11)}^f$$

$$\begin{aligned} \widetilde{L}_{(10-11)}^s &= \widetilde{TL}_{(11)} \ominus \widetilde{t}_{(10-11)} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (101, 140, 193) \end{aligned}$$

Karena *node* 11 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 10, maka

$$\widetilde{TL}_{(10)} = \widetilde{L}_{(10-11)}^s$$

$$= (101, 140, 193)$$



Gambar 4.13 Aktivitas 11-10

Aktivitas 9-11

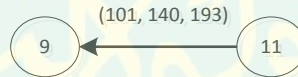
$$\tilde{L}_{(9-11)}^s = \tilde{L}_{(9-11)}^f \ominus \tilde{t}_{(9-11)}$$

$$\tilde{TL}_{(11)} = \tilde{L}_{(9-11)}^f$$

$$\begin{aligned} \tilde{L}_{(9-11)}^s &= \tilde{TL}_{(11)} \ominus \tilde{t}_{(9-11)} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (101, 140, 193) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \tilde{TL}_{(9)} &= \tilde{L}_{(9-11)}^s \\ &= (101, 140, 193) \end{aligned}$$



Gambar 4.14 Aktivitas 11-9

Aktivitas 8-11

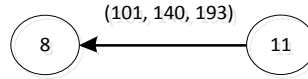
$$\tilde{L}_{(8-11)}^s = \tilde{L}_{(8-11)}^f \ominus \tilde{t}_{(8-11)}$$

$$\tilde{TL}_{(11)} = \tilde{L}_{(8-11)}^f$$

$$\begin{aligned} \tilde{L}_{(8-11)}^s &= \tilde{TL}_{(11)} \ominus \tilde{t}_{(8-11)} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (101, 140, 193) \end{aligned}$$

Karena *node* 11 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 8, maka

$$\begin{aligned} \tilde{TL}_{(8)} &= \tilde{L}_{(8-11)}^s \\ &= (101, 140, 193) \end{aligned}$$



Gambar 4.15 Aktivitas 11-8

Aktivitas 7-10

$$\tilde{L}_{(7-10)}^s = \tilde{L}_{(7-10)}^f \ominus \tilde{t}_{(7-10)}$$

$$\widetilde{TL}_{(10)} = \tilde{L}_{(7-10)}^f$$

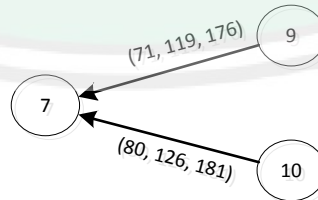
$$\begin{aligned}\tilde{L}_{(7-10)}^s &= \widetilde{TL}_{(10)} \ominus \tilde{t}_{(7-10)} \\ &= (101, 140, 193) \ominus (12, 14, 21) \\ &= (80, 126, 181)\end{aligned}$$

Aktivitas 7-9

$$\begin{aligned}\tilde{L}_{(7-9)}^s &= \widetilde{TL}_{(9)} \ominus \tilde{t}_{(7-9)} \\ &= (101, 140, 193) \ominus (17, 21, 30) \\ &= (71, 119, 176)\end{aligned}$$

Untuk mengisi $\widetilde{TL}$ node 7, maka digunakan nilai terkecil dari $\tilde{L}^s$ pada *node-node* yang berpangkal pada node 7,

$$\begin{aligned}\widetilde{TL}_7 &= \min(\tilde{L}_{(7-10)}^s, \tilde{L}_{(7-9)}^s) \\ &= \min((80, 126, 181), (71, 119, 176)) \\ &= (71, 119, 176)\end{aligned}$$



Gambar 4.16 Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada Node 7

Aktivitas 6-11

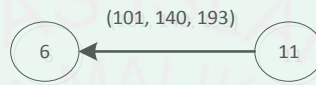
$$\tilde{L}_{(6-11)}^s = \tilde{L}_{(6-11)}^f \ominus \tilde{t}_{(6-11)}$$

$$\tilde{L}_{(6-11)}^f = \widetilde{TL}_{(11)}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{L}_{(6-11)}^s &= \tilde{T}\tilde{L}_{(11)} \ominus \tilde{t}_{(6-11)} \\
&= (122, 154, 203) \ominus (10, 14, 21) \\
&= (101, 140, 193)
\end{aligned}$$

Karena *node* 11 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 6, maka

$$\begin{aligned}
\tilde{T}\tilde{L}_{(6)} &= \tilde{L}_{(6-11)}^s \\
&= (101, 140, 193)
\end{aligned}$$



Gambar 4.17 Aktivitas 11-6

Aktivitas 5-8

$$\begin{aligned}
\tilde{L}_{(5-8)}^s &= \tilde{L}_{(5-8)}^f \ominus \tilde{t}_{(5-8)} \\
\tilde{L}_{(5-8)}^f &= \tilde{T}\tilde{L}_{(8)} \\
\tilde{L}_{(5-8)}^s &= \tilde{T}\tilde{L}_{(8)} \ominus \tilde{t}_{(5-8)} \\
&= (101, 140, 193) \ominus (19, 21, 30) \\
&= (71, 119, 174)
\end{aligned}$$

Karena *node* 8 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 5, maka

$$\begin{aligned}
\tilde{T}\tilde{L}_{(5)} &= \tilde{L}_{(5-8)}^s \\
&= (71, 119, 174)
\end{aligned}$$



Gambar 4.18 Aktivitas 8-5

Aktivitas 4-6

$$\begin{aligned}
\tilde{L}_{(4-6)}^s &= \tilde{L}_{(4-6)}^f \ominus \tilde{t}_{(4-6)} \\
\tilde{L}_{(4-6)}^f &= \tilde{T}\tilde{L}_{(6)} \\
\tilde{L}_{(4-6)}^s &= \tilde{T}\tilde{L}_{(6)} \ominus \tilde{t}_{(4-6)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (101, 140, 193) \ominus (19, 21, 28) \\
 &= (73, 119, 174)
 \end{aligned}$$

Aktivitas 4-7

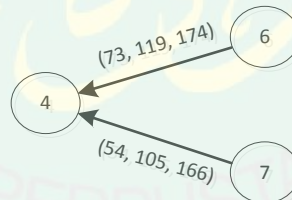
$$\tilde{L}_{(4-7)}^s = \tilde{L}_{(4-7)}^f \ominus \tilde{t}_{(4-7)}$$

$$\tilde{L}_{(4-7)}^f = \widetilde{TL}_{(7)}$$

$$\begin{aligned}
 \tilde{L}_{(4-7)}^s &= \widetilde{TL}_{(7)} \ominus \tilde{t}_{(4-7)} \\
 &= (71, 119, 176) \ominus (10, 14, 17) \\
 &= (54, 105, 166)
 \end{aligned}$$

Untuk mengisi $\widetilde{TL}$ node 4, maka digunakan nilai terkecil dari $\tilde{L}^s$ pada *node* *node* yang berpangkal pada *node* 4

$$\begin{aligned}
 \widetilde{TL}_4 &= \min(\tilde{L}_{(4-6)}^s, \tilde{L}_{(4-7)}^s) \\
 &= \min((73, 119, 174), (54, 105, 166)) \\
 &= (54, 105, 166)
 \end{aligned}$$



Gambar 4.19 Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada Node 4

Aktivitas 3-4

$$\tilde{L}_{(3-4)}^s = \tilde{L}_{(3-4)}^f \ominus \tilde{t}_{(3-4)}$$

$$\tilde{L}_{(3-4)}^f = \widetilde{TL}_{(4)}$$

$$\begin{aligned}
 \tilde{L}_{(3-4)}^s &= \widetilde{TL}_{(4)} \ominus \tilde{t}_{(3-4)} \\
 &= (54, 105, 166) \ominus (19, 21, 30) \\
 &= (24, 84, 147)
 \end{aligned}$$

Aktivitas 3-11

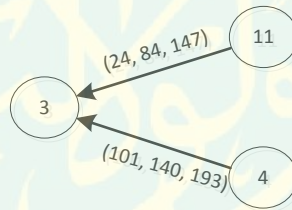
$$\tilde{L}_{(3-11)}^s = \tilde{L}_{(3-11)}^f \ominus \tilde{t}_{(3-11)}$$

$$\tilde{L}_{(3-11)}^f = \widetilde{TL}_{(11)}$$

$$\begin{aligned}\tilde{L}_{(3-11)}^s &= \widetilde{TL}_{(11)} \ominus \tilde{t}_{(3-11)} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (101, 140, 193)\end{aligned}$$

Untuk mengisi $\widetilde{TL}$ node 3, maka digunakan nilai terkecil dari $\tilde{L}^s$ pada *node-node* yang berpangkal pada node 3

$$\begin{aligned}\widetilde{TL}_3 &= \min(\tilde{L}_{(3-4)}^s, \tilde{L}_{(3-11)}^s) \\ &= \min((24, 84, 147), (101, 140, 193)) \\ &= (24, 84, 147)\end{aligned}$$



Gambar 4.20 Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada Node 3

Aktivitas 2-5

$$\tilde{L}_{(2-5)}^s = \tilde{L}_{(2-5)}^f \ominus \tilde{t}_{(2-5)}$$

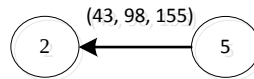
$$\tilde{L}_{(2-5)}^f = \widetilde{TL}_{(5)}$$

$$\begin{aligned}\tilde{L}_{(2-5)}^s &= \widetilde{TL}_5 \ominus \tilde{t}_{(2-5)} \\ &= (71, 119, 174) \ominus (19, 21, 28) \\ &= (43, 98, 155)\end{aligned}$$

Karena *node* 5 merupakan satu-satunya yang berpangkal pada *node* 2, maka

$$\widetilde{TL}_{(2)} = \tilde{L}_{(2-5)}^s$$

$$= (43, 98, 155)$$



Gambar 4.21 Aktivitas 5-2

Aktivitas 1-2

$$\tilde{L}_{(1-2)}^s = \tilde{L}_{(1-2)}^f \ominus \tilde{t}_{(1-2)}$$

$$\tilde{L}_{(1-2)}^f = \widetilde{TL}_{(2)}$$

$$\begin{aligned} \tilde{L}_{(1-2)}^s &= \widetilde{TL}_{(2)} \ominus \tilde{t}_{(1-2)} \\ &= (43, 98, 155) \ominus (28, 35, 40) \\ &= (3, 63, 127) \end{aligned}$$

Aktivitas 1-3

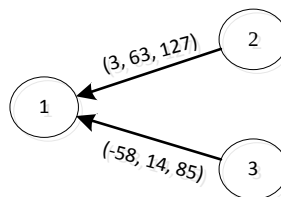
$$\tilde{L}_{(1-3)}^s = \tilde{L}_{(1-3)}^f \ominus \tilde{t}_{(1-3)}$$

$$\tilde{L}_{(1-3)}^f = \widetilde{TL}_3$$

$$\begin{aligned} \tilde{L}_{(1-3)}^s &= \widetilde{TL}_3 \ominus \tilde{t}_{(1-3)} \\ &= (24, 84, 147) \ominus (62, 70, 82) \\ &= (-58, 14, 85) \end{aligned}$$

Untuk mengisi $\widetilde{TL}$ node 1, maka digunakan nilai terkecil dari $\tilde{L}^s$ pada *node node* yang berpangkal pada *node 1*

$$\begin{aligned} \widetilde{TL}_1 &= \min(\tilde{L}_{(1-2)}^s, \tilde{L}_{(1-3)}^s) \\ &= \min((3, 63, 127), (-58, 14, 85)) \\ &= (-58, 14, 85) \end{aligned}$$



Gambar 4.22 Aktivitas-aktivitas yang Berpangkal pada Node 1

4.1.4 Perhitungan Nilai *Slack Time* ($\widetilde{TF}_{i,j}$) untuk Setiap Aktivitas Fuzzy

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

$$\widetilde{TF} = \widetilde{TL} \ominus t_{(i,j)} \ominus \widetilde{TE}$$

Aktivitas 1-2

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{1-2} &= \widetilde{TL}_2 \ominus \widetilde{TE}_1 \ominus \tilde{t}_{1-2} \\ &= (43, 98, 155) \ominus (10, 14, 17) \ominus (28, 35, 40) \\ &= (-14, 49, 117)\end{aligned}$$

Aktivitas 1-3

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{1-3} &= \widetilde{TL}_3 \ominus \widetilde{TE}_1 \ominus \tilde{t}_{1-3} \\ &= (24, 84, 147) \ominus (10, 14, 17) \ominus (62, 70, 82) \\ &= (-75, 0, 75)\end{aligned}$$

Aktivitas 3-4

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{3-4} &= \widetilde{TL}_4 \ominus \widetilde{TE}_3 \ominus \tilde{t}_{3-4} \\ &= (54, 105, 166) \ominus (72, 84, 99) \ominus (19, 21, 30) \\ &= (-75, 0, 75)\end{aligned}$$

Aktivitas 2-5

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{2-5} &= \widetilde{TL}_5 \ominus \widetilde{TE}_2 \ominus \tilde{t}_{2-5} \\ &= (71, 119, 174) \ominus (38, 49, 57) \ominus (19, 21, 28) \\ &= (-14, 49, 117)\end{aligned}$$

Aktivitas 4-6

$$\begin{aligned}
 \widetilde{TF}_{4-6} &= \widetilde{TL}_6 \ominus \widetilde{TE}_4 \ominus \widetilde{t}_{4-6} \\
 &= (101, 140, 193) \ominus (91, 105, 129) \ominus (19, 21, 28) \\
 &= (-56, 14, 83)
 \end{aligned}$$

Aktivitas 4-7

$$\begin{aligned}
 \widetilde{TF}_{4-7} &= \widetilde{TL}_7 \ominus \widetilde{TE}_4 \ominus \widetilde{t}_{4-7} \\
 &= (71, 119, 176) \ominus (91, 105, 129) \ominus (10, 14, 17) \\
 &= (-75, 0, 75)
 \end{aligned}$$

Aktivitas 5-8

$$\begin{aligned}
 \widetilde{TF}_{5-8} &= \widetilde{TL}_8 \ominus \widetilde{TE}_5 \ominus \widetilde{t}_{5-8} \\
 &= (101, 140, 193) \ominus (57, 70, 85) \ominus (19, 21, 30) \\
 &= (-14, 49, 117)
 \end{aligned}$$

Aktivitas 7-9

$$\begin{aligned}
 \widetilde{TF}_{7-9} &= \widetilde{TL}_9 \ominus \widetilde{TE}_7 \ominus \widetilde{t}_{7-9} \\
 &= (101, 140, 193) \ominus (101, 119, 174) \ominus (17, 21, 30) \\
 &= (-75, 0, 75)
 \end{aligned}$$

Aktivitas 7-10

$$\begin{aligned}
 \widetilde{TF}_{7-10} &= \widetilde{TL}_{10} \ominus \widetilde{TE}_7 \ominus \widetilde{t}_{7-10} \\
 &= (101, 140, 193) \ominus (101, 119, 174) \ominus (12, 14, 21) \\
 &= (-66, 7, 80)
 \end{aligned}$$

Aktivitas 3-11

$$\begin{aligned}
 \widetilde{TF}_{3-11} &= \widetilde{TL}_{11} \ominus \widetilde{TE}_3 \ominus \widetilde{t}_{3-11} \\
 &= (122, 154, 203) \ominus (72, 84, 99) \ominus (10, 14, 21)
 \end{aligned}$$

$$= (2, 56, 121)$$

Aktivitas 6-11

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{6-11} &= \widetilde{TL}_{11} \ominus \widetilde{TE}_6 \ominus \tilde{t}_{6-11} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (110, 126, 157) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (-56, 14, 83)\end{aligned}$$

Aktivitas 8-11

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{8-11} &= \widetilde{TL}_{11} \ominus \widetilde{TE}_8 \ominus \tilde{t}_{8-11} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (76, 91, 115) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (-14, 49, 117)\end{aligned}$$

Aktivitas 9-11

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{9-11} &= \widetilde{TL}_{11} \ominus \widetilde{TE}_9 \ominus \tilde{t}_{9-11} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (118, 140, 176) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (-75, 0, 75)\end{aligned}$$

Aktivitas 10-11

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{10-11} &= \widetilde{TL}_{11} \ominus \widetilde{TE}_{10} \ominus \tilde{t}_{10-11} \\ &= (122, 154, 203) \ominus (113, 133, 167) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (-66, 7, 80)\end{aligned}$$

Aktivitas 11-12

$$\begin{aligned}\widetilde{TF}_{11-12} &= \widetilde{TL}_{12} \ominus \widetilde{TE}_{11} \ominus \tilde{t}_{11-12} \\ &= (132, 160, 207) \ominus (128, 154, 197) \ominus (10, 14, 21) \\ &= (-81, 0, 81)\end{aligned}$$

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

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

No	Aktivitas	Durasi <i>fuzzy</i>	<i>Earliest time</i>	<i>Latest time</i>	<i>Slack time</i>
1	1-2	(28, 35, 40)	(38, 49, 57)	(3, 63, 127)	(-14, 49, 117)
2	1-3	(62, 70, 82)	(72, 84, 99)	(-58, 14, 85)	(-75, 0, 75)
3	3-4	(19, 21, 30)	(91, 105, 129)	(24, 84, 147)	(-75, 0, 75)
4	2-5	(19, 21, 28)	(57, 70, 85)	(43, 98, 155)	(-14, 49, 117)
5	4-6	(19, 21, 28)	(110, 126, 157)	(73, 119, 174)	(-56, 14, 83)
6	4-7	(10, 14, 17)	(101, 119, 174)	(54, 105, 166)	(-75, 0, 75)
7	5-8	(19, 21, 30)	(76, 91, 115)	(71, 119, 174)	(-14, 49, 117)
8	7-9	(17, 21, 30)	(118, 140, 176)	(71, 119, 176)	(-75, 0, 75)
9	7-10	(12, 14, 21)	(113, 133, 167)	(80, 126, 181)	(-66, 7, 80)
10	3-11	(10, 14, 16)	(101, 119, 150)	(101, 140, 193)	(2, 56, 121)
11	6-11	(10, 14, 16)	(120, 140, 178)	(101, 140, 193)	(-56, 14, 83)
12	8-11	(10, 14, 16)	(86, 105, 136)	(101, 140, 193)	(-14, 49, 117)
13	9-11	(10, 14, 16)	(128, 154, 197)	(101, 140, 193)	(-75, 0, 75)
14	10-11	(10, 14, 16)	(123, 147, 188)	(101, 140, 193)	(-66, 7, 80)
15	11-12	(3, 6, 10)	(132, 160, 207)	(122, 154, 203)	(-81, 0, 81)

4.1.5 Proses Defuzzifikasi pada *Slack Time*

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

Aktivitas 1-2

$$A_{1-2} = \frac{-14 + 49 + 117}{3}$$

$$= 50,67$$

Aktivitas 1-3

$$A_{1-3} = \frac{-75 + 0 + 75}{3}$$

$$= 0$$

Aktivitas 3-4

$$A_{3-4} = \frac{-75 + 0 + 75}{3}$$

$$= 0$$

Beberapa aktivitas di atas merupakan contoh untuk perhitungan defuzzifikasi pada nilai *slack time*. Untuk hasil perhitungan aktivitas yang lain dengan cara yang sama dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3, hasil perhitungan ini merupakan informasi penting yang diperlukan untuk menentukan lintasan kritis.

Tabel 4.3 Aktivitas Kritis pada Jaringan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang

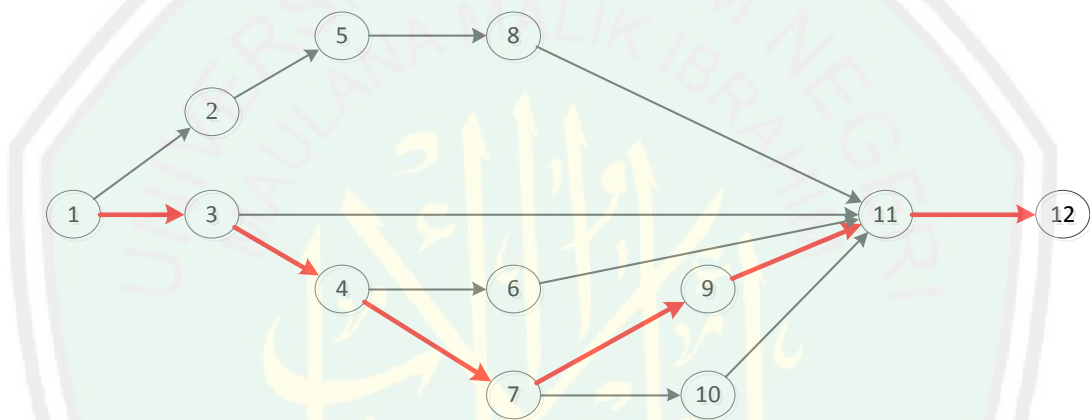
Aktivitas	<i>Slack time</i>	Defuzzifikasi ($\tilde{A}$)	Aktivitas Kritis
1-2	(-14, 49, 117)	50,67	Tidak
1-3	(-75, 0, 75)	0	Ya
3-4	(-75, 0, 75)	0	Ya
2-5	(-14, 49, 117)	50,67	Tidak
4-6	(-56, 14, 83)	13,67	Tidak
4-7	(-75, 0, 75)	0	Ya
5-8	(-14, 49, 117)	50,67	Tidak
7-9	(-75, 0, 75)	0	Ya
7-10	(-66, 7, 80)	7	Tidak
3-11	(2, 56, 121)	59,67	Tidak
6-11	(-56, 14, 83)	13,67	Tidak
8-11	(-14, 49, 117)	50,67	Tidak
9-11	(-75, 0, 75)	0	Ya
10-11	(-66, 7, 80)	7	Tidak
11-12	(-81, 0, 81)	0	Ya

Dari Tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa aktivitas-aktivitas pada jaringan proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang yang mempunyai nilai defuzzifikasi sama dengan nol disebut aktivitas kritis. Aktivitas-

aktivitas kritis pada Tabel 4.3 di antaranya aktivitas 1-3, 3-4, 4-7, 7-9, 9-11, dan 11-12.

4.1.6 Lintasan Kritis

Aktivitas-aktivitas kritis pada Tabel 4.3 yang saling terhubung disebut lintasan kritis. Pada jaringan proyek pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang diperoleh suatu lintasan kritis yang ditunjukkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Lintasan Kritis pada Jaringan Proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang

Pada Gambar 4.23 menunjukkan bahwa lintasan yang berwarna merah merupakan lintasan kritis pada jaringan proyek Pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang. Lintasan kritis tersebut melewati aktivitas-aktivitas 1-3-4-7-9-11-12 yang urutannya sebagai berikut, (a) pekerjaan pendahulu, (b) pekerjaan beton, (c) pekerjaan konstruksi baja, (d) pekerjaan plafon, (e) pekerjaan instalasi air, (f) pekerjaan pengecatan, dan (f) pekerjaan akhir.

Total durasi penyelesaian proyek *fuzzy* adalah (132, 160, 207). Dapat diartikan bahwa waktu penyelesaian proyek pembangunan berada pada kisaran 132 hari dan 207 hari. Proyek dapat diselesaikan paling cepat 132 hari dan paling

lama proyek diselesaikan 207 hari dengan waktu paling optimal penyelesaian proyek adalah 160 hari.

Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya jika aktivitas-aktivitas yang ada di lintasan kritis juga dipercepat. Oleh karena itu aktivitas-aktivitas kritis perlu pengawasan ketat agar seluruh proyek tidak tertunda penyelesaiannya. *Slack time* hanya terdapat pada pekerjaan-pekerjaan yang tidak dilalui oleh lintasan kritis. Hal ini memungkinkan bagi manager untuk memindahkan tenaga kerja, alat-alat, dan biaya-biaya pada aktivitas-aktivitas di lintasan kritis agar lebih optimal dan efisien.

5.2 Konsep Lintasan Kritis dalam Agama

Aplikasi jaringan proyek banyak terdapat dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya pada ibadah haji bagi umat Islam yang mampu dan merupakan rukun Islam ke lima. Rukun haji merupakan sesuatu yang tidak sah haji melainkan dengan melakukannya dan ia tidak boleh diganti dengan dam (menyembelih binatang) (Rasjid, 2005:240-248). Umat Islam dalam melaksanakan ibadah haji harus melaksanakan 6 rukun haji, yaitu ihram, wukuf di padang arafah, tawaf ifadah, sa'i, tahallul dan tertib. Masing-masing akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Ihram

Ihram merupakan niat untuk mengerjakan haji atau umrah. Meninggalkan ihram, maka hajinya tidak sah. Hal ini sesuai dengan hadits nabi Muhammad Saw.

إِنَّمَا الْأَعْمَالُ بِالنِّيَّاتِ، وَإِنَّمَا لِكُلِّ امْرِئٍ مَا نَوَى

Artinya: “*Sesungguhnya setiap amalan tergantung pada niat dan setiap orang akan mendapatkan apa yang ia niatkan*” (HR. Bukhari & Muslim).

2. Wukuf di Padang Arafah

Wukuf di padang Arafah merupakan rukun haji yang terpenting. Orang yang tidak melaksanakan wukuf, berarti hajinya tidak sah. Yang dimaksud wukuf adalah hadir dan diam berada di daerah Arafah pada waktu yang ditentukan, yaitu mulai dari tergelincir matahari tanggal 9 dzulhijjah sampai terbit fajar tanggal 10 dzulhijjah, baik itu dalam keadaan sadar, tertidur, berkendara, duduk, berjalan, atau berbaring, entah itu dalam keadaan suci atau tidak suci (junub, haid, dan nifas). Nabi Muhammad Saw. bersabda,

الْحَجُّ عَرَفَةُ

Artinya: “Haji adalah wukuf di Arafah” (HR. An Nasai).

3. Tawaf Ifadah

Tawaf merupakan suatu kegiatan dengan mengitari Ka’bah sebanyak 7 kali. Hal tersebut telah dijelaskan dalam al-Quran surat al-Hajj ayat 29 yang berbunyi:

ثُمَّ لِيَقْضُوا تَفَثَهُمْ وَلِيُوفُوا نُدُورَهُمْ وَلِيَطَّوَّفُوا بِالْبَيْتِ الْعَتِيقِ

Artinya: “Kemudian, hendaklah mereka menghilangkan kotoran yang ada pada badan mereka dan hendaklah mereka menyempurnakan nazar-nazar mereka dan hendaklah mereka melakukan melakukan thawaf sekeliling rumah yang tua itu (Baitullah)” (QS. Al-Hajj/22:29).

4. Sa’i

Sa’i ialah berjalan dari Shofa ke Marwah dan sebaliknya dalam rangka ibadah. Nabi Muhammad Saw. bersabda,

اسْعَوْا إِنَّ اللَّهَ كَتَبَ عَلَيْكُمُ السَّعْيَ

Artinya: *“Lakukanlah sa’i karena Allah mewajibkan kepada kalian untuk melakukannya”* (HR. Ahmad).

5. Tahallul

Tahallul adalah diperbolehkannya kembali jemaah melakukan apa yang dilarang saat ihram. Simbol dari tahallul adalah minimal memotong rambut sebanyak 3 helai, namun tidak jarang yang menggunduli rambutnya. Dengan ini, maka apa yang dilarang saat ihram, menjadi boleh dilakukan.

6. Tertib

Tertib adalah mengerjakan semua rukun-rukun haji sesuai urutannya dan tidak boleh ada yang terlewat. Sedangkan rukun sendiri bermakna apa-apa yang harus dijalankan, sehingga dengan adanya rukun tertib, kita tidak boleh meloncati rukun-rukun yang telah ditetapkan dan membuat umat Islam sedunia seragam dalam menjalankan ibadah.

Pada suatu jaringan proyek, lintasan kritis tidak boleh diabaikan aktivitasnya harus dilalui tepat waktu agar penyelesaian proyek tidak tertunda dan mengalami kerugian, hal ini sesuai dengan aktivitas rukun haji, haji seseorang tidak sah apabila tidak melakukan salah satu rukun haji di atas. Ia diharuskan memulai haji dari awal. Rukun haji merupakan lintasan kritis pada jaringan proyek haji, sehingga aktivitas-aktivitas tersebut harus dimaksimalkan dan tidak boleh diabaikan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa langkah-langkah untuk menemukan lintasan kritis pada jaringan proyek *fuzzy* dengan menggunakan *FCPM* adalah:

- a. Membuat jaringan asiklik berdasarkan prosedur penjadwalan proyek pada proyek penjadwalan pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang.
- b. Menghitung *earliest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy* dengan menggunakan perhitungan maju diperoleh nilai total pelaksanaan proyek adalah (132, 160, 207) hari.
- c. Menghitung *latest time* untuk setiap aktivitas *fuzzy* dengan menggunakan perhitungan mundur.
- d. Menghitung kelonggaran waktu untuk setiap aktivitas *fuzzy*.
- e. Menghitung defuzzifikasi pada nilai kelonggaran waktu. Diketahui jika nilai defuzzifikasi bernilai 0, maka aktivitas tersebut kritis.
- f. Menentukan lintasan kritis dari aktivitas-aktivitas kritis yang terhubung.

Dari langkah langkah di atas, didapatkan total waktu penyelesaian proyek *fuzzy* (132, 160, 207) hari. Artinya proyek tersebut dapat diselesaikan dengan rentang waktu paling cepat 132 hari dan paling lambat 207 hari, dengan waktu penyelesaian optimal 160 hari. Lintasan kritis pada jaringan proyek pembangunan Ruang Pamer Taman Budaya Malang melewati aktivitas-aktivitas 1-3-4-7-9-11-12 yang urutannya sebagai berikut, (a) pekerjaan pendahulu, (b) pekerjaan beton,

(c) pekerjaan konstruksi baja, (d) pekerjaan plafon, (e) pekerjaan instalasi air, (f) pekerjaan pengecatan, dan (f) pekerjaan akhir.

Aktivitas-aktivitas kritis tersebut tidak boleh tertunda dalam jadwal pengerjaannya, karena akan sangat mempengaruhi waktu terselesaikannya proyek pembangunan dan mengakibatkan penambahan biaya yang akan dikeluarkan.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, penulis menggunakan bilangan *fuzzy* segitiga dan pada proses defuzzifikasi menggunakan metode *centroid*. Pada penelitian selanjutnya perlu dikaji lebih dalam pada penggunaan bilangan *fuzzy* yang lain, seperti bilangan *fuzzy* trapesium.

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Bhineka Cipta.
- Elizabeth, S. & Sujatha, M. 2015. Project Scheduling Method Using Triangular Intuitionistic Fuzzy Numbers and Triangular Fuzzy Numbers. *International Journal of Computer Applications*, (Online), 9 (4): 185-198, (<http://dx.doi.org/10.12988/ams.2015.410852>), diakses 5 Agustus 2016.
- Dimiyati, A. & Dimiyati, T. 1999. *Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan*. Bandung: PT. Sinar Baru Algensindo.
- Dubbois, D. & Prade, H. 1980. *Fuzzy Sets and Systems, Theory and Applications*. New York: Academic Press.
- Heizer, J. & Render, B. 2009. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Herjanto, E. 2008. *Manajemen Operasi*. Jakarta: PT. Grasindo.
- Hong, T., Hyun, K., & 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. 2004. *Project Scheduling Handbook*. New York: Marcell Dekker.
- Ilma, F.N., Amaliah, B., Saikhu, A. 2013. Implementasi Penggunaan Bilangan Fuzzy Trapezoidal untuk Mencari Jalur Kritis pada Jaringan Proyek. *Jurnal Teknik POMITS*, (Online), 2 (1), (<http://digilib.its.ac.id>), diakses 20 Agustus 2016.
- Klir, G.J. & 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*. Thesis tidak dipublikasikan. Pantiala: Thapar University.
- Kumar, A. & Kaur, P. 2010. A new Method for Fuzzy Critical Path Analysis in Project Networks With a New Representation a Triangular Fuzzy Numbers. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal*, (Online), 5(10): 345-369, (<http://pvamu.edu/aam>), diakses 24 Juli 2015.

- 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.
- Maran, R.. 2007. *Pengantar Logika*. Jakarta: PT Grasindo.
- 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.
- Rasjid, S. 2007. *Fiqh Islam*. Jakarta: Attahiriyah.
- Shankar, N. R., Sireesha, V. and 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 .
- Shankar, N.R. & 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.
- Shihab, M.Q. 2004. *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sivanandam, S.N., Sumathi, S. & Deepa, S.N. 2006. *Introduction to Fuzzy Logic Using Matlab*. Berlin: Springer.
- Susilo, F. 2006. *Himpunan dan Logika Kabur serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Zulfikarijah, F. 2004. *Operation Research*. Malang: Bayumedia Publishing.

LAMPIRAN

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

PEKERJAAN : PEMBANGUNAN RUANG PAMER TAMAN BUDAYA MALANG
 LOKASI : JL. SUKARNO HATTA NO.7 - MALANG
 DINAS/INSTANSI : DINAS PU CIPTA KARYA DAN TATA RUANG PROVINSI JAWA TIMUR
 TAHUN ANGGARAN : 2015

NO	JENIS PEKERJAAN	VOL.	SAT.	HAR. SAT (bahan material)	JUMLAH (bahan material)	BOROT (%)	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	SKALA (%)							
							15-Sep 17-Sep	18-Sep 25-Sep	26-Sep 03-Oct	04-Oct 11-Oct	12-Oct 19-Oct	20-Oct 27-Oct	28-Oct 04-Nov	05-Nov 12-Nov	13-Nov 20-Nov	21-Nov 28-Nov	29-Nov 05-Dec
PEKERJAAN LANTAI 1																	
1	PEKERJAAN PENCAHILUAN																
1	Pembuatan beton	18,00	m ²	Rp 103.335,75	Rp 1.860.043,50	0,69	0,69	0,69									
2	Pembuatan Lantai	718,00	m ²	Rp 3.330,27	Rp 2.401.133,68	0,23	0,23	0,23									
3	Alas dengan waterpau (Pondasi)																
	SUB TOTAL				Rp 4.261.177,18												
PEKERJAAN PONDASI																	
1	Pondasi PT. 1																
	- Lahan straus 120cm L x 1 meter	20,00	m ²	Rp 535.301,00	Rp 10.706.020,00	1,51		0,75	0,75								
	- Spesi Campuran Straus Pile (SPC : 1,5 PG : 2,5 KQ)	22,89	m ²	Rp 851.218,00	Rp 19.471.887,69	1,54											
	- Galian tanah	29,43	m ²	Rp 51.876,00	Rp 1.526.880,00	0,12											
	- Urug pasir bawah pondasi	1,30	m ²	Rp 179.780,00	Rp 233.734,00	0,02											
	- Lantai baja K150	0,39	m ²	Rp 687.818,00	Rp 268.686,76	0,02											
	- Cor beton kasar	5,18	m ²	Rp 3.897.122,00	Rp 20.188.880,45	1,50											
	- Urug pasir	22,36	m ²	Rp 8.413,00	Rp 186.178,22	0,02											
2	Pondasi PT. 2																
	- Lahan straus 120cm L x 1 meter	10,00	m ²	Rp 535.301,00	Rp 5.353.010,00	0,67		0,33	0,33								
	- Cor beton kasar	10,17	m ²	Rp 851.218,00	Rp 8.558.880,00	0,69											
	- Galian tanah	14,61	m ²	Rp 51.876,00	Rp 758.142,69	0,04											
	- Urug pasir bawah pondasi	0,98	m ²	Rp 179.780,00	Rp 175.134,44	0,01											
	- Lantai baja K150	0,17	m ²	Rp 687.818,00	Rp 116.941,36	0,01											
	- Cor beton kasar	2,36	m ²	Rp 3.897.122,00	Rp 9.191.789,28	0,67											
	- Urug pasir	17,86	m ²	Rp 8.413,00	Rp 149.857,22	0,01											
3	Pondasi batu kali																
	- Galian tanah	26,06	m ²	Rp 51.876,00	Rp 1.356.518,32	0,11											
	- Urug pasir bawah pondasi	1,82	m ²	Rp 179.780,00	Rp 327.376,42	0,02											
	- Asamcamping	3,65	m ²	Rp 202.491,50	Rp 739.007,69	0,09											
	- Penanaman batu kali (arah 120cm x 120cm)	9,12	m ²	Rp 895.837,50	Rp 8.188.883,81	0,69											
	- Urug pasir	17,43	m ²	Rp 8.413,00	Rp 146.765,12	0,01											
4	Pondasi Ring																
	- Galian tanah	10,42	m ²	Rp 51.876,00	Rp 539.769,56	0,08											
	- Urug pasir bawah pondasi	0,17	m ²	Rp 179.780,00	Rp 30.170,80	0,00											
	- Asamcamping	6,45	m ²	Rp 202.491,50	Rp 1.304.270,36	0,09											
	- Urug pasir	13,00	m ²	Rp 8.413,00	Rp 109.569,00	0,01											
5	Urug pasir	184,39	m ²	Rp 172.227,20	Rp 31.763.776,68	2,13											
6	Urug pasir bawah pondasi	39,66	m ²	Rp 179.780,00	Rp 7.128.880,00	0,69											
	SUB TOTAL				Rp 128.122.888,68												
PEKERJAAN BETON																	
1	Beton 1																
	- Beton K1, 400cm	21,18	m ²	Rp 3.875.887,50	Rp 82.071.635,25	6,42											
	- Beton K2, 400cm	2,12	m ²	Rp 4.317.775,00	Rp 9.164.381,61	0,72											
2	Beton 2																
	- Beton K1, 400cm	8,83	m ²	Rp 7.512.505,00	Rp 66.360.444,75	5,19											
	- Beton K2, 400cm	1,34	m ²	Rp 7.512.505,00	Rp 10.066.866,72	0,79											
	- Beton K3, 400cm	0,71	m ²	Rp 6.492.388,00	Rp 4.601.544,28	0,10											
	- Beton K4	27,60	m ²	Rp 6.458,00	Rp 1.797.217,20	0,14											
3	Beton 3																
	- Beton K1, 400cm	8,24	m ²	Rp 8.408.322,00	Rp 69.309.889,60	4,80											
	- Beton K2, 400cm	0,98	m ²	Rp 8.408.322,00	Rp 8.230.521,16	0,14											
	- Beton K3, 400cm	0,39	m ²	Rp 8.408.322,00	Rp 3.278.131,69	0,04											
	- Beton K4, 400cm	0,39	m ²	Rp 8.408.322,00	Rp 3.278.131,69	0,04											
4	Pondasi beton	47,23	m ²	Rp 4.888.549,50	Rp 230.707.587,69	14,61											
5	Pondasi beton	6,54	m ²	Rp 4.888.549,50	Rp 31.763.776,68	0,69											
6	Beton beton K-100	17,86	m ²	Rp 124.128,28	Rp 2.219.325,77	0,01											
7	Beton beton K-100																
	- Beton K1, 400cm	0,98	m ²	Rp 7.512.505,00	Rp 7.371.881,61	0,04											
	- Beton K2, 400cm	0,39	m ²	Rp 6.492.388,00	Rp 2.538.131,69	0,01											
	- Beton K3, 400cm	1,34	m ²	Rp 6.492.388,00	Rp 8.601.544,28	0,01											
	- Beton K4	0,18	m ²	Rp 4.888.549,50	Rp 890.778,21	0,01											
	SUB TOTAL				Rp 388.285.871,62												
PEKERJAAN KONSTRUKSI BAJA																	
1	Konstruksi																
	- Konstruksi WF 250.125.8.8	1.001,91	m	Rp 29.705,50	Rp 29.740.237,51	2,23											
	- Plat pondasi L 10mm	17,00	m ²	Rp 29.705,50	Rp 505.003,50	0,04											
	- Plat pondasi L 10mm	168,00	m ²	Rp 29.705,50	Rp 5.050.536,00	0,44											
2	Konstruksi																
	- Konstruksi WF 250.125.8.8	1.071,18	m	Rp 29.705,50	Rp 31.821.757,23	2,82											
	- Plat pondasi L 10mm	216,63	m ²	Rp 29.705,50	Rp 6.438.886,50	0,57											
	- Plat pondasi L 10mm	164,80	m ²	Rp 29.705,50	Rp 4.896.551,68	0,38											
	- Plat pondasi L 10mm	87,52	m ²	Rp 29.705,50	Rp 2.630.287,40	0,12											
3	Konstruksi																
	- Konstruksi WF 250.125.8.8	533,18	m	Rp 29.705,50	Rp 15.850.791,83	1,34											
	- Konstruksi WF 250.125.8.8	1.099,40	m	Rp 29.705,50	Rp 32.680.426,70	2,49											
	- Konstruksi WF 250.125.8.8	44,04	m	Rp 29.705,50	Rp 1.308.252,22	0,10											
	- Plat pondasi L 10mm	28,44	m ²	Rp 29.705,50	Rp 871.436,60	0,07											
4	Konstruksi																
	- Konstruksi WF 250.125.8.8	77,07	m	Rp 29.705,50	Rp 2.389.481,69	0,18											
	SUB TOTAL				Rp 176.308.674,73												
PEKERJAAN TANGGA																	
1	Tangga 1																
	- Galian tanah	1,40	m ²	Rp 51.876,00	Rp 72.627,60	0,01											
	- Urug pasir bawah pondasi	0,12	m ²	Rp 179.780,00	Rp 21.582,60	0,00											
	- Lantai baja K150	0,06	m ²	Rp 687.818,00	Rp 40.676,12	0,00											
	- Cor beton kasar	0,30	m ²	Rp 3.897.122,00	Rp 1.169.136,60	0,09											
	- Urug pasir	0,92	m ²	Rp 8.413,00	Rp 7.668,41	0,00											
	- Beton Terasa 1500 cm	1,34	m ²	Rp 4.888.549,50	Rp 6.558.886,68	0,08											
	- Plat pondasi L 10mm	0,44	m ²	Rp 4.888.549,50	Rp 2.127.487,77	0,08											
	- Konstruksi tangga 30x30cm	17,40	m ²	Rp 187.141,24	Rp 3.264.159,49	0,25											
	- Galian tanah, haluan, beton	18,64	m ²	Rp 51.876,00	Rp 964.600,00	1,01											
	SUB TOTAL				Rp 34.776.335,67												
PEKERJAAN PABRAN																	
1	Pondasi batu 120cm x 120cm	22,89	m ²	Rp 106.930,00	Rp 2.442.481,76	1,81											
2	Pondasi batu 120cm x 120cm	10,00	m ²	Rp 116.938,00	Rp 1.169.380,00	0,89											
3	Pondasi batu 120cm x 120cm	77,88	m ²	Rp 106.930,00	Rp 8.338.886,00	6,33											
4	Pondasi batu 120cm x 120cm																

RIWAYAT HIDUP

Muhtar Latif Anshori, lahir di kabupaten Malang tepatnya di kecamatan Wagir pada tanggal 6 Maret 1992, biasa dipanggil Muhtar. Selama di Malang bertempat tinggal di Jl. Mertojoyo Barat 2a Lowokwaru Kota Malang. Anak ketiga dari empat bersaudara dari Bapak Slamet dan Almh. Ibu Siti Nadliroh.

Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN Gondowangi 03 dan lulus pada tahun 2004, setelah itu melanjutkan ke SMPN 01 Wagir dan lulus tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke SMAN 02 Malang dan lulus tahun 2010. Selanjutnya, pada tahun 2010 menempuh kuliah di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, dia pernah aktif di organisasi intra maupun ekstra kampus. Dia juga mengikuti program khusus perkuliahan Bahasa Arab pada tahun 2010. Selanjutnya, mengikuti program khusus perkuliahan Bahasa Inggris pada tahun 2011. Bagi pembaca yang berminat berbagi ilmu dengannya bisa kontak di muchtar.mct7@gmail.com.



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 : Muhtar Latif Anshori
NIM : 10610084
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Penerapan *Fuzzy Critical Path Method* pada Jaringan Proyek
Pembimbing I : Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D
Pembimbing II : H. Wahyu H. Irawan, M.Pd

No.	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	18 Januari 2016	Konsultasi Bab I dan II	1.
2.	3 Februari 2016	Konsultasi Bab II	2.
3.	9 Februari 2016	Konsultasi Agama Bab I dan II	3.
4.	10 Februari 2016	ACC Bab I dan II	4.
5.	1 Februari 2016	Revisi Bab I dan II	5.
6.	18 Februari 2016	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	31 Maret 2016	Konsultasi Bab III	7.
8.	10 Agustus 2016	Konsultasi Kajian Agama Bab III	8.
9.	19 Agustus 2016	Konsultasi Bab III	9.
10.	26 Agustus 2016	Konsultasi Bab III	10.
11.	2 September 2016	Revisi Bab III	11.
12.	8 September 2016	Konsultasi Kajian Agama Bab III	12.
13.	29 September 2016	ACC Kajian Agama	13.
14.	3 Oktober 2016	ACC Keseluruhan	14.

Malang, Oktober 2016

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika



Dr. Abdussakir, M.Pd

NIP. 19751006 200312 1 001