

**TESIS**

**ANALISIS PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE  
PERT**

*(ANALYSIS OF SCHEDULING CONTRUCTION PROJECT USING PERT  
METHOD)*

**(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN DAN RENOVASI KOMPLEK BANGUNAN  
GEDUNG TAMAN BUDAYA KOTA BENGKULU)**



**YUDHA ANDIKA PRATAMA**

**16 914 014**

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2020**

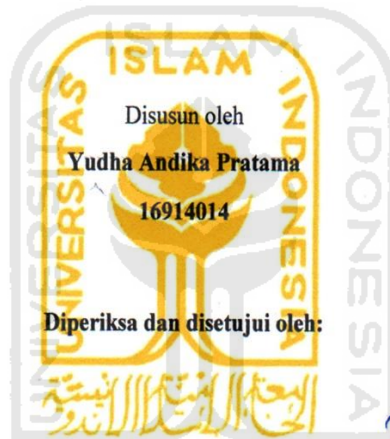
HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

**ANALISIS PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI  
DENGAN METODE PERT**

***(ANALYSIS OF SCHEDULING CONTRUCTION PROJECT  
USING PERT METHOD)***

**(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN DAN RENOVASI KOMPLEK BANGUNAN  
GEDUNG TAMAN BUDAYA KOTA BENGKULU)**



Disusun oleh

**Yudha Andika Pratama**

**16914014**

Diperiksa dan disetujui oleh:

**(Ir. Fitri Nugraheni, ST, MT, Ph.D.)**

Dosen Pembimbing I

  
Tanggal:

**(Ir. Faisol AM., M.S)**

Dosen Pembimbing II

  
Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

ANALISIS PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI

DENGAN METODE PERT

(ANALYSIS OF SCHEDULING CONTRUCTION PROJECT  
USING PERT METHOD)

(STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN DAN RENOVASI KOMPLEK BANGUNAN  
GEDUNG TAMAN BUDAYA KOTA BENGKULU)

disusun oleh

**Yudha Andika Pratama**

**16914014**

Telah diuji oleh Dewan

Penguji pada tanggal 20 Desember 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk  
diterima (Susunan Dewan Penguji)

Pembimbing I

Pembimbing II

Penguji

Ir. Fitri Nugraheni, M.T, Ph.D. Ir. Faisol AM., M.S Albani Musvafa, ST, MT, Ph.D.

Yogyakarta, 07 JAN 2021

Universitas Islam Indonesia

Ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Magister

Ir. Fitri Nugraheni, S.T, M.T, Ph.D.

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan serta penelitian saya sendiri, dengan tanpa bantuan dari pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam Penulisan karya tulis ini tidak ada karya atau pendapat pihak lain, kecuali tertulis jelas dengan dicantumkan sebagai acuan pada naskah dengan disebutkan nama pengarang serta tercantum dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya serta dengan penuh kesadaran dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran yang dilakukan dengan sengaja dalam pernyataan ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku pada instansi perguruan tinggi.

Yogyakarta, 20 Desember 2020

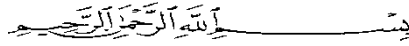
Yang membuat pernyataan



**Yudha Andika Pratama**

16914014

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji dan Syukur Penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT berkat Rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PERT (*ANALYSIS OF SCHEDULING CONTRUCTION PROJECT USING PERT METHOD*)”** serta Shalawat dan salam semoga selalu dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai inspirasi akhlak dan pribadi mulia bagi umat manusia.

Selama melaksanakan penyusunan laporan tugas akhir ini Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya Kepada:

1. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dan juga selaku Dosen pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini
2. Bapak Ir. Faisol A.M., M.S. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tesis ini.
3. Kedua orang tua Penulis Ayahanda M. Yusuf Nurdin, S.H dan juga Ibunda Yenny Suyeti yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan selama ini.
4. Pengelola Program Magister Teknik Sipil UII yang selalu membantu Penulis selama masa perkuliahan
5. Rekan-rekan Magister Teknik Sipil khususnya Angkatan 2016 yang telah berjuang Bersama-sama selama masa perkuliahan
6. Dan juga Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi Penulis dan bagi masyarakat pada umumnya.

*Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, November 2020



Yudha Andika Pratama

16914014

## DAFTAR ISI

JUDUL	
PENGESAHAN/PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.1.1 Analisis Penjadwalan Ulang Proyek Dengan Metode <i>PERT</i>	5
2.1.2 Analisis Penjadwalan Ulang Proyek Dengan Metode <i>PERT</i>	5
2.1.3 Analisis Penjadwalan Ulang Dengan Metode <i>PERT</i>	6
2.1.4 Eksplorasi Metode <i>PERT</i> Dalam Penjadwalan Proyek	7
2.1.5 Analisis Penjadwalan Ulang Dengan Metode <i>PERT</i>	7
2.2 Kesimpulan Penelitian Sebelumnya	7
2.3 Perbedaan Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Manajemen Proyek	9
3.2 Fungsi Dasar Manajemen Proyek	9
3.3 Manajemen Waktu	11

3.3.1 Metode PERT ( <i>Program Evaluation and Review Technique</i> )	13
3.3.2 Metode PDM ( <i>Precedence Diagram Method</i> )	29
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>36</b>
4.1 Metode Penelitian	36
4.2 Objek Dan Subjek Penelitian	36
4.3 Teknik Pengumpulan Data	37
4.4 Tahapan Penelitian	38
4.5 Diagram Alir Penelitian	41
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	<b>42</b>
5.1 Data Penelitian	42
5.2 Analisis Durasi Yang Diharapkan (TE)	47
5.3 Analisis Penjadwalan Proyek	53
5.3.1 Analisis Deviasi Standar Kegiatan Dan Varians Kegiatan	53
5.3.2 Analisis Penjadwalan Dengan Metode PDM	60
5.4 Analisis Target Jadwal Penyelesaian (TD)	61
5.5 Pembahasan	64
<b>BAB VI SIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>65</b>
6.1 SIMPULAN	65
6.2 SARAN	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>68</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kegiatan Analisis Durasi Yang Diharapkan (TE)	22
Tabel 3.2 Tabulasi S dan V	25
Tabel 5.1 Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)	43
Tabel 5.2 Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)	44
Tabel 5.3 Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)	45
Tabel 5.4 Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)	46
Tabel 5.5 Analisis Probability	62



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Proses Pengoperasian PERT	15
Gambar 3.2 Kurva Distribusi Frekuensi	18
Gambar 3.3 Kurva Distribusi Asimetris ( <i>beta</i> ) Dengan <i>a</i> , <i>m</i> , dan <i>b</i>	18
Gambar 3.4 Kurva Distribusi Dengan Letak <i>a</i> , <i>b</i> , <i>m</i> dan <i>te</i> .	20
Gambar 3.5 Derajat Ketidakpastian Berbeda Meskipun Memiliki Angka <i>te</i> Yang Sama Besarnya	23
Gambar 3.6 Kurva Distribusi Untuk Peristiwa/Kejadian, Disebut Kurva Distribusi Normal Dan Berbentuk Genta	24
Gambar 3.7 Jaringan kerja dengan <i>te</i> dan <i>v</i>	25
Gambar 3.8 Mengkaji Peristiwa Selesaiannya Proyek Dan Kurva Distribusi Yang Bersangkutan	26
Gambar 3.9 Konstrain <i>Finish to Start</i>	30
Gambar 3.10 Konstrain <i>Start to Start</i>	30
Gambar 3.11 Konstrain <i>Finish to Finish</i>	31
Gambar 3.12 Konstrain <i>Start to Finish</i>	31
Gambar 3.13 Lambang Kegiatan PDM	32
Gambar 3.14 Alur Kegiatan PDM	33
Gambar 3.15 Kegiatan <i>Slpitable</i>	34
Gambar 3.16 Hitungan Maju Mundur Kegiatan <i>Slpitable</i>	35
Gambar 3.17 Kegiatan <i>Non-Slpitable</i>	35
Gambar 3.18 Hitungan Maju Mundur Kegiatan <i>Non-Slpitable</i>	35
Gambar 4.1 Diagram alir tahapan penelitian	41
Gambar 5.1 Data Durasi Optmis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), dan Rekapitulasi Durasi yang Diharapkan (Te)	48
Gambar 5.2 Data Durasi Optmis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), dan Rekapitulasi Durasi yang Diharapkan (Te)	49

Gambar 5.3 Data Durasi Optmis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), dan Rekapitulasi Durasi yang Diharapkan (Te)	50
Gambar 5.4 Data Durasi Optmis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), dan Rekapitulasi Durasi yang Diharapkan (Te)	51
Gambar 5.5 Data Durasi Optmis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), dan Rekapitulasi Durasi yang Diharapkan (Te)	52
Gambar 5.6 Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian	55
Gambar 5.7 Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian	56
Gambar 5.8 Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian	57
Gambar 5.9 Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian	58
Gambar 5.10 Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian	59
Gambar 5.11 Rangkaian Kegiatan Kritis dan Durasi	60
Gambar 5.12 Diagram <i>Probability</i>	63

## DAFTAR LAMPIRAN

Data Hasil Wawancara

Data Durasi Optimis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), dan Rekapitulasi Durasi yang Diharapkan (Te)

Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian

Data Perencanaan Proyek

Gambar *Bar Chart Re-Schedule*





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan manajemen proyek terus meningkat sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Tujuan dari proyek konstruksi salah satunya untuk mencapai target penyelesaian proyek yang tepat waktu sesuai dengan jadwal pelaksanaan. Pada dasarnya penjadwalan yang disusun telah diestimasikan dengan durasi yang pasti, namun ada beberapa faktor yang menyebabkan durasi masing-masing pekerjaan tidak dapat ditentukan dengan pasti. Dalam analisis jaringan kerja suatu proyek memiliki tahapan meliputi perencanaan, penjadwalan, dan pelaksanaan yang dimana memerlukan pengontrolan dalam menjalankan eksekusi dari semua kegiatan. Untuk mencapai tujuan tersebut maka kontraktor, developer maupun owner proyek harus mempunyai schedule pelaksanaan atau penjadwalan waktu pelaksanaan sekaligus yang dapat mengontrol pelaksanaan proyek itu sendiri. Pemilihan metode yang akan digunakan tergantung dengan tipe dan karakteristik proyek konstruksi yang direncanakan, dan penguasaan teknik yang dimiliki perencana, serta pemahaman aplikasi bertanggung jawab untuk penerapannya di lapangan. Terdapat beberapa metode penjadwalan proyek dalam industri konstruksi yang umum digunakan oleh kontraktor (Pelaksana proyek), developer (Pengembang), atau pemilik proyek, yaitu *Bar Chart*, *Network Diagram* (CPM, PDM, PERT), dan metode Penjadwalan Linear (*Line of Balance*, dan *Time Chainage Diagram*) dalam (Arianto, 2010).

Metode analisis jaringan kerja yang banyak digunakan oleh para praktisi yaitu metode PERT dan PDM, keduanya mempunyai persamaan dapat mengklasifikasikan kegiatan kritis dan tidak kritis yang didasarkan pada algoritma jalur dari suatu aktivitas yang tidak dapat ditunda, sebab jika waktu pelaksanaan ditunda akan berakibat memperbesar total waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu, sehubungan dengan pentingnya pemilihan metode penjadwalan yang sesuai dengan tipe dan karakteristik proyek konstruksi demi menjamin kelancaran suatu

proyek, maka akan dilakukan analisis penjadwalan proyek menggunakan metode Penjadwalan PERT, yang mempertimbangkan aspek probabilitas sehingga dapat mengetahui tingkat ketepatan dalam melakukan penjadwalan dan waktu penyelesaian. Studi kasus Proyek yang akan di analisis yaitu Proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya Provinsi Bengkulu yang mengalami keterlambatan. Observasi yang dilakukan dengan pelaksana proyek, diketahui bahwa perkiraan keterlambatan pelaksanaan proyek disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Hujan yang terjadi menyebabkan penundaan pekerjaan.
2. Kendala pemadatan dan perataan tanah.
3. Ketersediaan dan pengadaan material beberapa kali mengalami hambatan atau keterlambatan.
4. Adanya permasalahan dengan warga sekitar lokasi proyek.
5. Keterlambatan Mobilisasi dan Demobilisasi alat.

Hal tersebut yang mendasari peneliti untuk menganalisis waktu pelaksanaan proyek yang menyebabkan proyek tersebut mengalami keterlambatan. Analisis akan menggunakan metode penjadwalan PERT dan metode PDM. Sehingga harapannya dapat menjadi koreksi untuk kedepannya agar tidak mengalami keterlambatan kembali.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Berapakah durasi penyelesaian proyek dengan penjadwalan menggunakan metode PERT?
2. Apa penyebab perbedaan durasi antara penjadwalan eksisting dengan menggunakan metode PERT?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disebutkan maka tujuan penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui hasil analisis durasi dari penjadwalan menggunakan metode PERT.
2. Untuk mengetahui penyebab perbedaan durasi antara penjadwalan dengan metode PERT.

### **1.4 Batasan Penelitian**

Batasan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini meliputi penjadwalan ulang Proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya Provinsi Bengkulu
2. Metode penjadwalan yang digunakan adalah metode *PERT (Program Evaluation and Review Technique)*.
3. Penelitian ini hanya pada pekerjaan Proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya Provinsi Bengkulu
4. Data penelitian diperoleh dari pihak kontraktor proyek berupa wawancara durasi optimis, durasi pesimis dan durasi yang paling memungkinkan pelaksanaan proyek.
5. Dalam menetapkan *predecessor* dilakukan wawancara kepada ahli teknis lapangan pada Proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya Provinsi Bengkulu.
6. Analisis data dilakukan menggunakan program *Microsoft Excel* untuk perhitungan waktu yang diharapkan *TE (Time Expected)* dan melakukan penjadwalan ulang serta mengetahui waktu penyelesaian proyek.



## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian yang diharapkan di dalam penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan masukan bagi para pembaca untuk menambah wawasan dan pengetahuan yang bermanfaat dalam penjadwalan dan perencanaan proyek konstruksi.
2. Sebagai bahan masukan untuk mengurangi dampak keterlambatan pada suatu proyek konstruksi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Disini akan dipaparkan hasil-hasil penelitian sejenis yang telah di lakukan, maka penelitian-penelitian ini akan dijadikan menjadi bahan pertimbangan dan referensi serta menghindari adanya plagiasi. Hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

##### **2.1.1 Analisis Penjadwalan Ulang Proyek Dengan Metode PERT**

Penelitian ini dilakukan oleh Rushendi (2017), penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penjadwalan ulang proyek dengan metode PERT, studi kasus pada Proyek Rumah Sakit UII. Hasil dari penelitian tersebut yaitu:

1. Al Pada *time schedule existing* rencana proyek dibutuhkan waktu selama 42 hari. Penjadwalan menggunakan metode PERT dibutuhkan waktu 87 hari. Kenyataan di lapangan pekerjaan struktur rangka atap diselesaikan dalam waktu 108 hari, maka jadwal rencana menggunakan metode PERT lebih mendekati realisasi pelaksanaan proyek.
2. Kegiatan-kegiatan pada pekerjaan stuktur rangka atap yang termasuk dalam kegiatan kritis yaitu, pekerjaan pasang KK KD2, pengaku, dudukan gording pada rangka atap (2,3,4), pasang gording C.150 x 65 x 20 x 3,2 pada rangka atap (3,4), pasang sagrot D12 + senai drat pada rangka atap 3, cat zinc chromate pada rangka atap 3, pasang galvalum 0,50 + nok crimping pada rangka atap 3.

##### **2.1.2 Analisis Penjadwalan Ulang Proyek Dengan Metode PERT**

Penelitian ini dilakukan oleh Adria (2018), penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penjadwalan ulang proyek dengan metode PERT, studi kasus pada Proyek Rumah Sakit UII. Hasil dari penelitian tersebut yaitu:

1. Penjadwalan menggunakan metode PERT dengan bantuan *Microsoft Project 2007* menghasikan wktu pekerjaan struktur rangka atap selama 87 hari.
2. Pada *time schedule existing* rencana proyek dibutuhkan waktu selama 42 hari. Penjadwalan menggunakan metode PERT dibutuhkan waktu 87 hari. Kenyataan di lapangan pekerjaan struktur rangka atap diselesaikan dalam waktu 108 hari, maka jadwal rencana menggunakan metode PERT lebih mendekati realisasi pelaksanaan proyek.
3. Kegiatan-kegiatan pada pekerjaan stuktur rangka atap yang termasuk dalam kegiatan kritis yaitu, pekerjaan pasang KK KD2, pengaku, dudukan gording pada rangka atap (2,3,4), pasang gording C.150x65x20x3,2 pada rangka atap (3,4), pasang sagrot D12 + senai drat pada rangka atap 3, cat zinc chromate pada rangka atap 3, pasang galvalum 0,50 + nok crimping pada rangka atap 3.

### **2.1.3 Analisis Penjadwalan Ulang Dengan Menggunakan Metode PERT**

Penelitian ini dilakukan oleh Firmansyah (2017), menyatakan bahwa penjadwalan menggunakan metode PERT pada pekerjaan pilecap sampai lantai 5 dengan bantuan *Microsoft Project 2013* menghasilkan waktu pelaksanaan proyek selama 288 hari. Jika melihat perbandingan jadwal rencana menggunakan metode PERT dengan jadwal existing rencana proyek yaitu selama 238 hari, sedangkan jadwal realisasi proyek selama 303 hari, maka jadwal rencana menggunakan PERT lebih mendekati realisasi pelaksanaan proyek. Kemungkinan (probability) proyek selesai pada target yang diinginkan  $T_d = 290$  hari adalah sebesar 63 %.

#### **2.1.4 Eksplorasi Metode PERT Dalam Penjadwalan Proyek**

Penelitian ini dilakukan oleh Arianto (2010), penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan hasil analisis bahwa *Bar Chart* masih umum digunakan di dalam penjadwalan proyek konstruksi (13 dari 15 proyek), sedangkan metode *Network Diagram* cocok untuk proyek yang bersifat kompleks karena dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan memiliki teknik hitungan matematis, dan metode Penjadwalan Linear sesuai untuk proyek yang memiliki kegiatan berulang/linier karena dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek pada waktu dan tempat tertentu, misalnya pada proyek Jalan Demak *Bypass*. Agar dapat saling menutupi kekurangan masing-masing metode, maka sebaiknya tidak hanya menggunakan satu metode perencanaan dan penjadwalan proyek, tapi juga dapat mengombinasikannya dengan metode yang lain.

#### **2.1.5 Analisis Penjadwalan Ulang Menggunakan Metode PERT**

Penelitian ini dilakukan oleh Muchlisin (2019), penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan hasil analisis berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Penjadwalan menggunakan metode *PERT* dan dimasukkan ke *Network Diagram* CPM pada pekerjaan menghasilkan 195 hari.
2. Perbandingan jadwal rencana menggunakan metode *PERT* dan dimasukkan ke *Network Diagram* CPM dengan jadwal *existing* rencana proyek yaitu selama 75 hari. Maka jadwal rencana menggunakan *PERT* jauh lebih lambat dari jadwal *existing*.
3. Hasil perhitungan menggunakan tabel *Apendix II* kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target yang diinginkan  $T(d) = 120$  Hari adalah 5,26%.

#### **2.2 Kesimpulan Penelitian Sebelumnya**

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa metode *PERT* ini lebih efektif dan efisien dalam penjadwalan rencana, seperti proyek bangunan gedung dan jalan. Oleh sebab itu, maka dengan

menggunakan metode ini dapat memberikan solusi untuk sisa pekerjaan dan penyelesaian proyek sehingga didapatkan tindakan koreksi apa yang dilakukan selanjutnya untuk kemajuan proyek, pengendalian biaya dan waktu pada seluruh jenis pelaksanaan proyek konstruksi.

### **2.3 Perbedaan Penelitian**

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian diatas, untuk jenis metode penjadwalan yang akan digunakan yaitu menggunakan metode PERT dengan perbedaan objek penelitian, landasan teori dan analisis pembahasan, sehingga dapat memberikan solusi dan tindakan koreksi apa yang dilakukan selanjutnya untuk kemajuan dan pengendalian dalam penjadwalan proyek.



## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Manajemen Proyek**

Manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang tersedia untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan. Sedangkan pengertian manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai tujuan jangka pendek yang telah ditentukan, serta menggunakan pendekatan sistem dan hirarki (arus kegiatan) vertikal dan horizontal, Rushendi (2017).

#### **3.2 Fungsi Dasar Manajemen Proyek**

Fungsi manajemen adalah elemen-elemen dasar yang akan selalu ada dan melekat di dalam proses manajemen yang akan dijadikan sebagai acuan dalam melaksanakan kegiatan untuk mencapai tujuan. Ada lima fungsi manajemen, yaitu: *Planning, Organizing, Staffing, Actuating, Controlling*, Rushendi (2017).

##### **1. *Planning* (Perencanaan)**

Perencanaan adalah kegiatan pemilihan atau penetapan tujuan-tujuan organisasi dan penentuan strategi, sasaran, program, target, prosedur, metode, sistem, anggaran, waktu dan standar-standar yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan organisasi. Perencanaan harus dibuat dengan cermat, lengkap, terpadu dan dengan tingkat kesalahan paling minimal. Namun, hasil dari perencanaan bukanlah dokumen bebas dari koreksi karena sebagai acuan bagi tahapan pelaksanaan dan pengendalian, perencanaan harus terus disempurnakan secara *iterative* untuk menyesuaikan dengan perubahan dan perkembangan yang terjadi pada proses selanjutnya.

2. *Organizing* (Pengorganisasian)

Pengorganisasian adalah kegiatan mengorganisir sumber daya yang ada secara sistematis agar sesuai dengan rencana yang dibuat. Suatu proyek harus diorganisir sesuai dengan tugas / pekerjaannya. *Work Breakdown Structure* yang bersistem *multi level* dibuat agar pekerjaan yang harus dilakukan tiap unit / bagian terdefinisi dan terukur.

3. *Staffing* (Pengisian Staf)

Staffing adalah kegiatan menyeleksi individu-individu (yang merupakan sumber daya terpenting) yang benar-benar ahli dalam bidangnya untuk melaksanakan pekerjaan yang telah ditetapkan seperti desain, koordinasi dan pelaksanaan proyek itu sendiri.

4. *Actuating* (Pelaksanaan)

Pelaksanaan merupakan implementasi dari keputusan yang telah ditetapkan di dalam perencanaan. Pelaksanaan merupakan proses dan cara atau teknik, bagaimana menerapkan hasil dari perencanaan/kegiatan yang telah ditetapkan secara *riil* (di lapangan), agar tercapai tujuan dari kegiatan yang telah ditetapkan secara optimal.

5. *Controlling* (Pengendalian)

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan penyimpangan paling minimal dan hasil paling memuaskan. Untuk itu dilakukan bentuk-bentuk kegiatan seperti berikut:

a. Supervisi

Melakukan serangkaian kegiatan koordinasi pengawasan dalam batas wewenang dan tanggung jawab menurut prosedur organisasi yang telah ditetapkan, agar dalam operasional dapat dilakukan secara bersama-sama oleh semua personel dengan kendali pengawas.

b. Inspeksi

Melakukan pemeriksaan terhadap hasil pekerjaan dengan tujuan menjamin spesifikasi mutu dan produk sesuai dengan yang direncanakan.

c. Tindakan koreksi

Melakukan perubahan dan perbaikan terhadap rencana yang telah ditetapkan untuk menyesuaikan dengan kondisi pelaksanaan.

Proses dalam manajemen sifatnya umum dan dapat digunakan dalam berbagai kegiatan atau bidang yang membutuhkan pengelolaan yang sistematis, terarah serta mempunyai sasaran dan tujuan yang jelas. Macam dan bidang yang menggunakan ilmu manajemen adalah manajemen pemerintahan, manajemen industri, manajemen perusahaan, manajemen sumber daya, manajemen proyek dan lain sebagainya.

Untuk manajemen proyek biasanya kurun waktu dibatasi oleh program-program yang sifatnya sementara dan berakhir bila sasaran dan tujuan organisasi proyek sudah tercapai. Bila membuat proyek sejenis pada waktu sesudahnya, biasanya sasaran dan tujuannya lebih inovatif dengan memodifikasi program-program sebelumnya.

### 3.3 Manajemen Waktu

Manajemen waktu proyek (*Project Time Management*) adalah proses merencanakan, menyusun, dan mengendalikan jadwal kegiatan proyek, dimana dalam perencanaan dan penjadwalannya telah disediakan pedoman yang spesifik untuk menyelesaikan aktivitas proyek dengan lebih cepat dan efisien. Ada lima proses utama dalam manajemen waktu proyek, yaitu: pendefinisian aktivitas, urutan aktivitas, estimasi durasi aktivitas, pengembangan jadwal, dan pengendalian jadwal, Rushendi (2017).

1. Pendefinisian aktivitas merupakan proses identifikasi semua aktivitas spesifik yang harus dilakukan dalam rangka mencapai seluruh tujuan dan sasaran proyek (*Project Deliverables*). Dalam proses ini dihasilkan pengelompokan semua aktivitas yang menjadi ruang lingkup proyek dari level tertinggi hingga level yang terkecil atau disebut *Work Break down Structure* (WBS).
2. Urutan aktivitas melibatkan identifikasi dan dokumentasi dari hubungan



logis yang interaktif. Masing-masing aktivitas harus diurutkan secara akurat untuk mendukung pengembangan jadwal sehingga diperoleh jadwal yang realistik. Dalam proses ini dapat digunakan alat bantu komputer untuk mempermudah pelaksanaan atau dilakukan secara manual. Teknik secara manual masih efektif untuk proyek yang berskala kecil atau di awal tahap proyek yang berskala besar, yaitu bila tidak diperlukan pendetailan yang rinci.

3. Estimasi durasi aktivitas adalah proses pengambilan informasi yang berkaitan dengan lingkup proyek dan sumber daya yang diperlukan yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan estimasi durasi atas semua aktivitas yang dibutuhkan dalam proyek yang digunakan sebagai input dalam pengembangan jadwal. Tingkat akurasi estimasi durasi sangat tergantung dari banyaknya informasi yang tersedia.
4. Pengembangan jadwal berarti menentukan kapan suatu aktivitas dalam proyek akan dimulai dan kapan harus selesai. Pembuatan jadwal proyek merupakan proses iterasi dari proses input yang melibatkan estimasi durasi dan biaya hingga penentuan jadwal proyek.
5. Pengendalian jadwal merupakan proses untuk memastikan apakah kinerja yang dilakukan sudah sesuai dengan alokasi waktu yang sudah direncanakan atau tidak. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengendalian jadwal adalah:
  - a. Pengaruh dari faktor-faktor yang menyebabkan perubahan jadwal dan memastikan perubahan yang terjadi disetujui.
  - b. Menentukan perubahan dari jadwal.
  - c. Melakukan tindakan bila pelaksanaan proyek berbeda dari perencanaan awal proyek.

Dasar yang dipakai pada sistem manajemen waktu adalah perencanaan operasional dan penjadwalan yang selaras dengan durasi proyek yang telah ditetapkan. Adapun aspek-aspek manajemen waktu ialah menentukan penjadwalan proyek, mengukur dan membuat laporan dari kemajuan proyek, membandingkan

penjadwalan dengan kemajuan proyek sebenarnya di lapangan, menentukan akibat yang ditimbulkan oleh perbandingan jadwal dengan kemajuan di lapangan pada akhir penyelesaian proyek, merencanakan penanganan untuk mengatasi akibat tersebut, dan memperbaharui kembali penjadwalan proyek, Rushendi (2017).

Pelaksanaan suatu proyek sangat memerlukan suatu penjadwalan, dimana dalam hal ini dalam penetapan jangka waktu pelaksanaan proyek sangat berhubungan dengan biaya proyek tersebut. Suatu proyek diharapkan dapat diselesaikan tepat waktu, karena keterlambatan dalam penyelesaian suatu proyek dapat berpengaruh terhadap nilai pembayaran proyek.

### **3.3.1 Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)**

PERT adalah metode penjadwalan proyek berdasarkan jaringan yang memerlukan tiga dugaan waktu untuk tiap kegiatannya yaitu, optimis, pesimis, paling mungkin dengan menggunakan tiga dugaan waktu mulai awal dan akhir standar untuk tiap kegiatan atau kejadian.

Berdasarkan yang sering terjadi di lapangan bahwa waktu pelaksanaan sering kali melebihi waktu dalam kontrak / disepakati. Hal ini mengakibatkan deviasi yang menjulur ke arah kanan pada kurva normal, Roger (2000). Bekerja dengan ketidakpastian merupakan suatu kejadian yang acak dari perkiraan waktu tiap kegiatan. Kejadian yang tidak pasti merupakan ciri dari metode PERT. Oleh karena itu, tidaklah tepat dalam kasus ini untuk menetapkan waktu penyelesaian proyek secara konkrit. Setiap tanggal penyelesaian akan mempunyai peluang tertentu untuk dapat dicapai, yang merupakan fungsi dari ketidakpastian dari tiap kegiatan dan hubungan ketidakpastian dalam tanggal penyelesaian daripada memaksakan persoalan ke dalam kerangka waktu konstan.

Sistem PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) adalah suatu alat manajemen untuk menentukan secara tepat di setiap titik dalam 19 masa program, bagaimana status program, dan dimana letak bidang persoalannya. PERT mempunyai nilai yang setinggi-tingginya dalam memberi isyarat secara dini kepada manajemen apabila timbul kendala dalam suatu bidang tertentu yang akan menghambat jadwal atau anggaran program yang telah direncanakan.

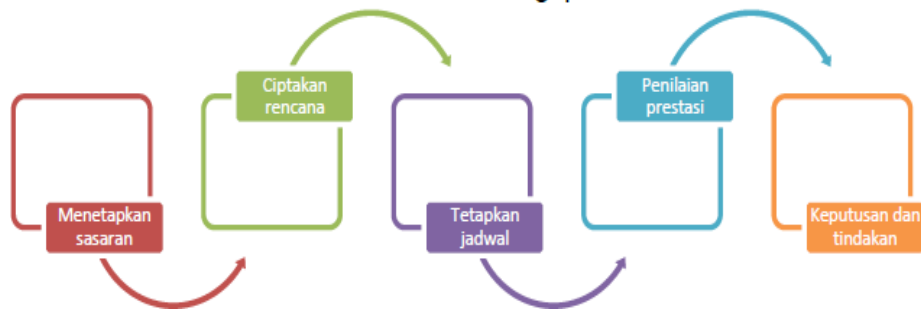
Konsep dasar PERT ialah bahwa program dibagi dalam tugas-tugas yang berciri tersendiri, terinci, serta terjadwal, yang disusun dalam jaringan terpadu. Bagi masing-masing tugas atau kegiatan dijatahkan segenap variabel yang penting yaitu waktu, sumber daya, dan unjuk kerja teknik. Kemudian diselenggarakan suatu sistem pelaporan yang sistematis yang memungkinkan pengkajian yang terus menerus terhadap status program, Hajek (1994).

Tujuan akhir dalam tahap penjadwalan ialah membentuk *time chart* yang dapat menunjukkan waktu mulai dan selesainya setiap kegiatan serta hubungannya satu sama lain dalam proyek. Jadwal harus mampu menunjukkan kegiatan-kegiatan yang kritis dilihat dari segi waktu yang memerlukan perhatian khusus kalau proyek harus selesai tepat pada waktunya. Bagi kegiatan-kegiatan yang tidak tergolong jalur kritis jadwal harus menentukan banyaknya waktu yang mengambang (*slack*) yang dapat dipergunakan ketika kegiatan tertunda atau kalau sumber daya yang terbatas digunakan secara efektif.

PERT mengikuti enam langkah dasar sebagai berikut:

1. Menetapkan proyek dan menyiapkan struktur penguraian kerjanya.
2. Membangun hubungan antara aktivitas-aktivitasnya memutuskan aktivitas yang harus dilakukan lebih dahulu dan aktivitas yang harus mengikuti aktivitas lain
3. Menggambarkan jaringan yang menghubungkan keseluruhan aktivitas.
4. Menetapkan perkiraan waktu dan biaya untuk setiap aktivitas.
5. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Hal ini disebut jalur kritis.
6. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek.

Pengoperasian PERT dapat dibagi dalam lima kategori yaitu:



**Gambar 3.1** Proses Pengoperasian PERT

(Sumber: Hajek (1994))

Pada waktu menyusun kegiatan-kegiatan itu, waktu perkiraan *Te (Time Expected)* didapatkan dari taksiran yang dibuat untuk waktu optimistik, waktu pesimistik dan waktu paling mungkin. Manajer proyek memperoleh angka-angka ini dari orang-orang yang kiranya akan bertanggung jawab atas pelaksanaan upaya kerja kegiatan yang bersangkutan.

Dalam menurunkan jadwal, manajer proyek harus memerhatikan faktor-faktor dasar sebagai berikut, Hajek (1994):

1. Tanggal penyerahan menurut kontrak dan tanggal harus diawalinya pekerjaan.
2. Karyawan dan sumber daya perusahaan yang tersedia (yang dibedakan dari karyawan dan sumber daya yang tersedia untuk suatu kegiatan tertentu).
3. Kendala-kendala dari berbagai kegiatan. Suatu kendala ialah suatu kegiatan yang harus sudah diselesaikan atau suatu peristiwa yang harus telah dicapai sebelum dapat diawalinya upaya-kerja suatu kegiatan yang lain. Kendala sering menimbulkan bidang kritis dalam suatu program PERT, karena merupakan pembatas bagi penyelenggaraan pencapaian jadwal.

Menurut Soeharto (1999), dalam upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek telah ditemukan metode selain *CPM (Critical Path Method)*, yaitu metode yang dikenal sebagai *PERT (Program Evaluation and Review Technique)*. Bila dalam *CPM* memperkirakan waktu komponen kegiatan

proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainly*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. Situasi ini misalnya dijumpai pada proyek penelitian dan pengembangan, sampai menjadi produk yang sama sekali baru. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. PERT juga memperkenalkan parameter lain yang mencoba “mengukur” ketidakpastian tersebut secara kuantitatif seperti “deviasi standar” dan varians. Dengan demikian, metode ini memiliki cara yang spesifik untuk menghadapi hal tersebut yang memang hampir selalu terjadi pada kenyataannya dan mengakomodasinya dalam berbagai bentuk perhitungan. Berikut penjelasan mengenai metode PERT:

1. Orientasi ke Peristiwa

PERT mula-mula diperkenalkan dalam rangka merencanakan dan mengendalikan proyek besar dan kompleks, yaitu pembuatan peluru kendali polaris yang dapat diluncurkan dari kapal selam di bawah permukaan air. Proyek tersebut melibatkan beberapa ribu kontraktor dan rekanan dimana pemilik proyek berkeinginan mengetahui apakah peristiwa-peristiwa yang memiliki arti penting dalam penyelenggaraan proyek, seperti *milestone* dapat dicapai oleh mereka, atau bila tidak, seberapa jauh menyimpangnya. Hal ini menunjukkan PERT lebih berorientasi ke terjadinya peristiwa (*event oriented*) sedangkan PDM condong ke orientasi kegiatan (*activity oriented*).

2. Persamaan dan Perbedaan Penyajian

Bahwa dalam visualisasi penyajiannya, PERT sama halnya dengan PDM, yaitu menggunakan menggunakan AON untuk menggambarkan kegiatan proyek. Demikian pula pengertian dan perhitungan mengenai kegiatan kritis, jalur kritis dan *float* yang dalam PERT disebut *SLACK*. Salah satu perbedaan yang substansial adalah dalam estimasi kurun waktu kegiatan,

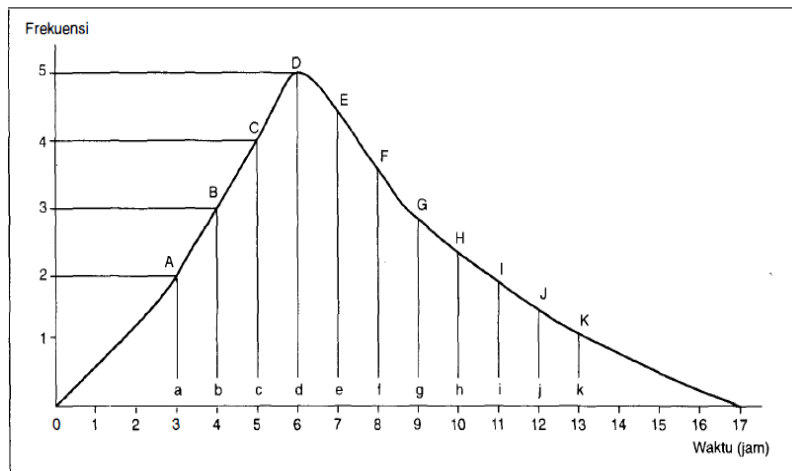
dimana PERT menggunakan tiga angka estimasi, yaitu  $a$ ,  $b$ , dan  $m$  yang mempunyai arti sebagai berikut:

- a.  $a$  = kurun waktu optimistik (*optimistic duration time*).  
Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus.
- b.  $m$  = kurun waktu paling mungkin (*most likely time*).  
Kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.
- c.  $b$  = kurun waktu pesimistik (*pessimistic duration time*).  
Waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik.

### 3. Teori Probabilitas

Seperti telah disebutkan di atas bahwa tujuan menggunakan tiga angka estimasi adalah untuk memberikan rentang yang lebih lebar dalam melakukan estimasi kurun waktu kegiatan dibanding satu angka deterministik. Teori probabilitas dengan kurva distribusinya akan menjelaskan arti tiga angka tersebut khususnya dan latar belakang dasar pemikiran metode PERT pada umumnya.

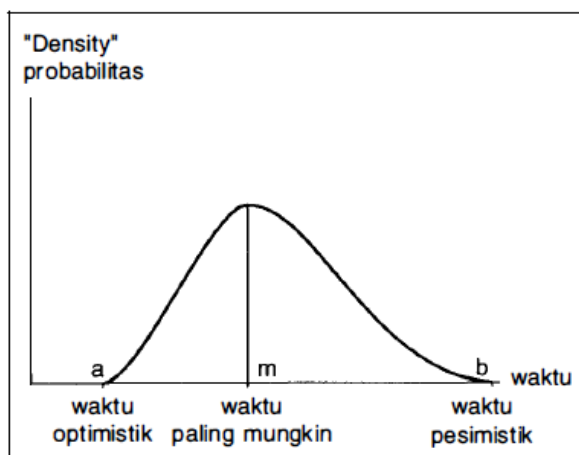
Pada dasarnya teori probabilitas bermaksud mengkaji dan mengukur ketidakpastian (*uncertainly*) serta mencoba menjelaskan secara kuantitatif. Diumpamakan satu kegiatan dikerjakan secara berulang-ulang dengan kondisi yang dianggap sama seperti pada Gambar 3.5. Sumbu horisontal menunjukkan waktu selesainya kegiatan. Sumbu vertikal menunjukkan berapa kali (frekuensi) kegiatan selesai pada kurun waktu yang bersangkutan. Misalnya kegiatan X dikerjakan berulang-ulang dengan kondisi yang sama, selesai dalam waktu 3 jam yang ditunjukkan oleh garis  $Aa$ , yaitu 2 kali. Sedangkan yang selesai dalam waktu 4 jam adalah sebesar  $Bb = 3$  kali dan kegiatan X yang selesai dalam 5 jam sebanyak  $Cc = 4$  kali. Bila hal tersebut dilanjutkan dan dibuat garis yang menghubungkan titik-titik puncak A-B-C-D-E-F-G-dan seterusnya akan diperoleh garis lengkung yang disebut Kurva Distribusi Frekuensi Kurun Waktu Kegiatan X.



**Gambar 3.2** Kurva Distribusi Frekuensi  
(Sumber: Soeharto, 1999)

4. Kurva Distribusi dan Variabel  $a$ ,  $b$ , dan  $m$

Dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti dari  $a$ ,  $b$ , dan  $m$ . Kurun waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah  $m$ , yaitu kurun waktu yang paling banyak terjadi atau juga disebut *the most likely time*. Adapun angka  $a$  dan  $b$  terletak (hampir) di ujung kiri dan kanan dari kurva distribusi, yang menandai batas lebar rentang waktu kegiatan. Kurva distribusi kegiatan seperti pada Gambar 3.4 di bawah ini pada umumnya berbentuk asimetris dan disebut Kurva Beta.



**Gambar 3.3** Kurva Distribusi Asimetris (*beta*) Dengan  $a$ ,  $m$ , dan  $b$   
(Sumber: Soeharto ( 1999))

5. Kurva Distribusi dan Kurun Waktu yang Diharapkan ( $TE$ )

Setelah menentukan estimasi angka-angka  $a$ ,  $m$  dan  $b$ , maka tindak selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut  $te$  atau kurun waktu yang diharapkan. Angka  $te$  adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Seperti telah dijelaskan di muka, bila kurun waktu sesungguhnya bagi setiap pengulangan dan jumlah frekuensinya dicatat secara sistematis akan diperoleh kurva “beta distribusi”. Lebih lanjut, dalam menentukan  $te$  dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik ( $a$ ) dan pesimistik ( $b$ ) adalah sama. Sedang jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin ( $m$ ) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa di atas. Sehingga bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut: Kurun waktu kegiatan yang diharapkan:

$$TE = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (3.1)$$

dengan:

$TE$  = Waktu yang diharapkan,

$a$  = Waktu optimistik,

$m$  = Waktu yang paling mungkin, dan

$b$  = Waktu pesimistik.

Bila garis tegak lurus dibuat melalui  $te$ , maka garis tersebut akan membagi dua sama besar area yang berada di bawah kurva beta distribusi. Perlu ditekankan disini perbedaan antara kurun waktu yang diharapkan ( $TE$ ) dengan kurun waktu paling mungkin ( $m$ ). Angka  $m$  menunjukkan angka “terkaan” atau perkiraan oleh seorang estimator. Sedangkan  $te$  adalah hasil dari rumusan perhitungan matematis. Sebagai contoh misalnya dari estimator diperkirakan angka-angka sebagai berikut:

Kurun waktu optimistik ( $a$ ) = 4 hari

Kurun waktu pesimistik ( $b$ ) = 9 hari

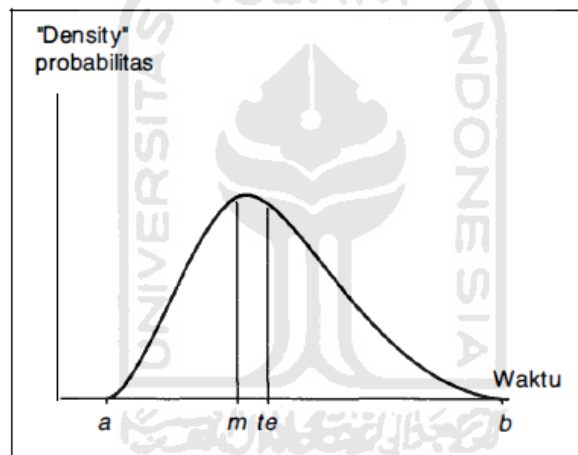
Kurun waktu paling mungkin ( $m$ ) = 5 hari



Maka angka  $te$ :

$$TE = \frac{(4 + 4 \times 5 + 9)}{6} = 5,5 \text{ hari}$$

Dari contoh di atas ternyata angka kurun waktu yang diharapkan  $TE = 5,5$  lebih besar dari kurun waktu paling mungkin  $m = 5,0$ . Angka  $te$  akan sama besar dengan  $m$  bilamana kurun waktu optimistik dan pesimistik terletak simetris terhadap waktu paling mungkin atau  $b - m = m - a$ . Ini dijumpai misalnya pada kurva distribusi normal berbentuk genta. Konsep  $TE$  sebagai angka rata-rata (*meanvalue*) mempermudah perhitungan karena dapat dipergunakan sebagai satu angka deterministik, seperti pada PDM dalam mengidentifikasi jalur kritis, *float*, dan lain-lain.



**Gambar 3.4** Kurva Distribusi Dengan Letak  $a$ ,  $b$ ,  $m$  dan  $te$ .  
(Sumber: Soeharto, 1999)

6. Estimasi Angka-angka  $a$ ,  $b$  dan  $m$   
Sama halnya dengan PDM, maka mengingat besarnya pengaruh angka-angka  $a$ ,  $b$  dan  $m$  dalam metode PERT, maka beberapa hal perlu diperhatikan dalam estimasi besarnya angka-angka tersebut. Di antaranya:
  - a. Estimator perlu mengetahui fungsi dari  $a$ ,  $b$  dan  $m$  dalam hubungannya dengan perhitungan-perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT secara keseluruhan. Bila tidak, dikhawatirkan akan mengambil angka estimasi kurun waktu yang tidak sesuai atau tidak membawakan pengertian yang dimaksud.

- b. Di dalam proses estimasi angka-angka  $a$ ,  $b$  dan  $m$  bagi masing-masing kegiatan, jangan sampai dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
- c. Bila tersedia data-data pengalaman masa lalu, maka data demikian akan berguna untuk bahan pembandingan dan banyak membantu mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan. Dengan syarat data-data tersebut cukup banyak secara kuantitatif.

Jadi yang perlu digaris-bawahi di sini adalah estimasi angka  $a$ ,  $b$  dan  $m$  hendaknya bersifat berdiri sendiri, artinya bebas dari pertimbangan-pertimbangan pengaruhnya terhadap komponen kegiatan yang lain. Karena bila ini terjadi akan banyak mengurangi faedah metode PERT yang menggunakan unsur *probability* dalam merencanakan kurun waktu kegiatan.

7. Identifikasi Jalur Kritis dan *Slack*

Dengan menggunakan konsep  $t_e$  dan angka-angka waktu paling awal peristiwa terjadi (*the earliest time of occurrence* –  $TE$ ), dan waktu paling akhir peristiwa terjadi (*the latest time of occurrence* –  $TL$ ) maka identifikasi kegiatan kritis, jalur kritis dan *slack* dapat dikerjakan seperti halnya pada PDM.

8. Deviasi Standar Kegiatan dan Varians Kegiatan

Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu yang relatif mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk  $a$  dan  $b$ . Pada PERT parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai Deviasi Standar dan Varians. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar adalah sebesar  $\frac{1}{6}$  dari rentang distribusi ( $b-a$ ) atau bila ditulis sebagai rumus menjadi sebagai berikut:

Deviasi Standar Kegiatan

$$S = \left(\frac{1}{6}\right) (b-a) \quad (3.2)$$

Varians Kegiatan

$$V(te) = S^2 = \left[\left(\frac{1}{6}\right) (b-a)\right]^2 \quad (3.3)$$

dengan:

$S$  = Deviasi standar kegiatan,

$V(te)$  = Varians kegiatan,

$a$  = Kurun waktu optimistik, dan

$b$  = Kurun waktu pesimistik.

Untuk lebih memahami makna dari parameter-parameter di atas, berikut adalah dua kegiatan A dan B yang memiliki  $te$  yang sama besar = 6 satuan waktu (lihat Tabel 3.1). Akan dikaji berapa besar deviasi standar dan varians masing-masing kegiatan tersebut, bila memiliki angka-angka  $a$  dan  $b$  yang berbeda.

**Tabel 3.1** Kegiatan Analisis Durasi Yang Diharapkan (TE)

(Sumber: Soeharto, 1999)

Kegiatan	Kurun Waktu		Paling Mungkin ( $m$ )	Waktu yang Diharapkan ( $te$ )
	Optimistik ( $a$ )	Pesimistik ( $b$ )		
A	4	10	5,5	6
B	2	14	5,0	6

Kegiatan A

$$TE = \frac{4 + 22 + 10}{6} = 6$$

$$S = \left(\frac{1}{6}\right) (b-a) = 1,0$$

$$V(te) = (1,0)^2 = 1,0$$

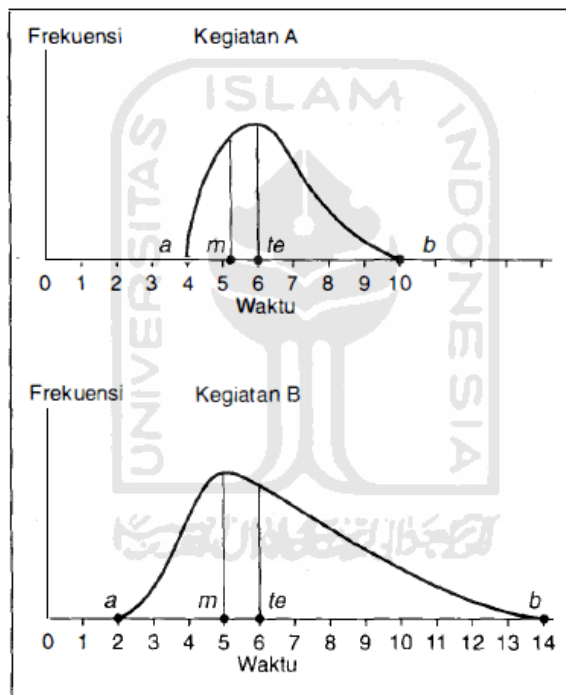
Kegiatan B

$$TE = \frac{2 + 20 + 14}{6} = 6$$

$$S = 2$$

$$V(te) = \left(\frac{12}{6}\right)^2 = 4$$

Dari contoh di atas terlihat bahwa meskipun kegiatan A dan B memiliki  $te$  sama besarnya, tetapi besar rentang waktu untuk A ( $10-4 = 6$ ) jauh berbeda dibanding B ( $14-2 = 12$ ). Ini berarti kegiatan B mempunyai derajat ketidakpastian lebih besar dibanding kegiatan A dalam kaitannya dengan estimasi kurun waktu. Gambar 3.5 memperlihatkan bila contoh di atas disajikan dengan grafik.

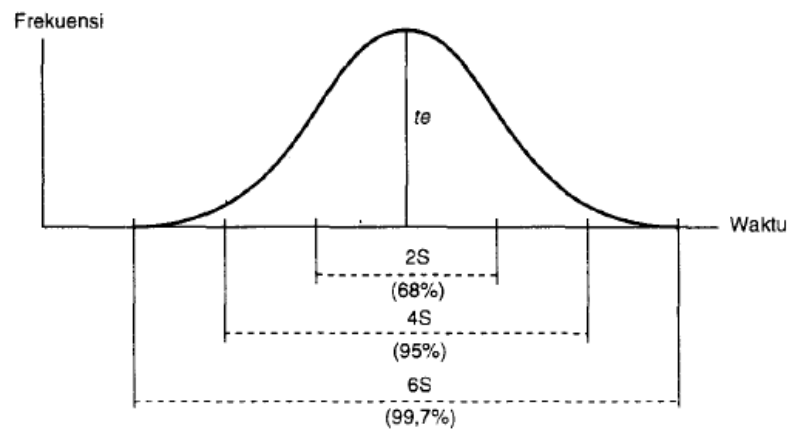


**Gambar 3.5** Derajat Ketidakpastian Berbeda Meskipun Memiliki Angka  $te$  Yang Sama Besarnya  
(Sumber: Soeharto, 1999)

9. Deviasi Standar Peristiwa dan Varians Peristiwa  $V(te)$

Di atas telah dibahas deviasi standar dan varians  $V(te)$  untuk kegiatan dalam metode PERT. Selanjutnya bagaimana halnya dengan titik waktu terjadinya peristiwa (*event time*). Menurut "J. Moder 1983" berdasarkan teori "Central Limit Theorem" maka kurva distribusi peristiwa atau kejadian (*event time*

*distribution curve*) bersifat simetris disebut Kurva Distribusi Normal. Kurva ini berbentuk genta terlihat pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Kurva Distribusi Untuk Peristiwa/Kejadian, Disebut Kurva Distribusi Normal Dan Berbentuk Genta  
(Sumber: Soeharto, 1999)

Sifat-sifat kurva distribusi normal adalah:

- Seluas 68% area di bawah kurva terletak dalam rentang 2S.
- Seluas 95% area di bawah kurva terletak dalam rentang 4S
- Seluas 99,7% area di bawah kurva terletak dalam rentang 6S.

Selanjutnya untuk menghitung varians kegiatan  $V(TE)$ , varians peristiwa  $V(TE)$  baik untuk *milestone* maupun untuk proyek secara keseluruhan, yang terdiri dari serangkaian kegiatan-kegiatan dengan rumus berikut:

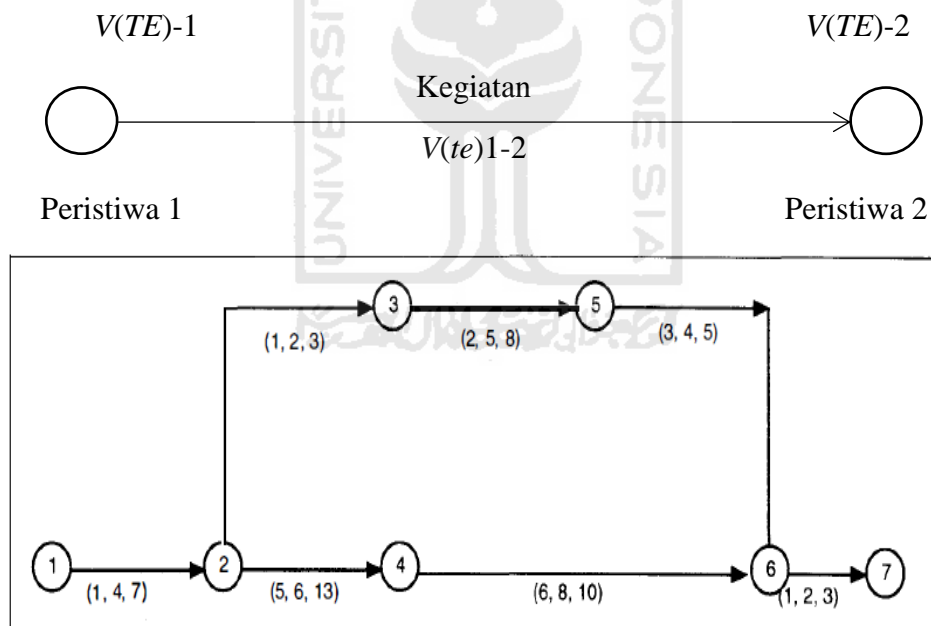
- $(TE)_4 = (TE)_{-1} + te_{(1-2)} + te_{(2-3)}$ .
- $V(TE)$  pada saat proyek mulai = 0.
- $V(TE)$  peristiwa yang terjadi setelah suatu kegiatan berlangsung, adalah sama besar dengan  $V(TE)$  peristiwa sebelumnya ditambah  $V(te)$  kegiatan tersebut, bila dalam rangkaian kegiatan tersebut tidak ada penggabungan.  
 $V(TE)_2 = V(TE)_{-1} + V(te)_{1-2}$
- Bila terjadi penggabungan kegiatan-kegiatan, total  $V(TE)$  diperoleh dari perhitungan pada jalur dengan kurun waktu terpanjang, atau varians terbesar.

Sekarang ditinjau bagaimana mengidentifikasi jalur kritis dan peristiwa proyek selesai, dengan memasukkan faktor deviasi standar dan varians.

**Tabel 3.2** Tabulasi  $S$  dan  $V$

(Sumber: Soeharto, 1999)

Kegiatan	$Te$	Deviasi Standar $S = 1/6 (b-a)$	Varians $V(te) = S^2$
1 – 2	4,0	1,00	1,00
2 – 3	2,0	0,16	0,03
2 – 4	7,0	1,33	1,76
3 – 5	5,0	1,00	1,00
4 – 6	8,0	0,66	0,43
5 – 6	8,0	0,33	0,10
6 – 7	2,0	0,33	0,10



**Gambar 3.7** Jaringan Kerja Dengan  $te$  dan  $v$   
(Sumber: Soeharto, 1999)

Menghitung Varians ( $V$ ) dan Deviasi Standar ( $S$ )

$$S = (1/6) (b-a)$$

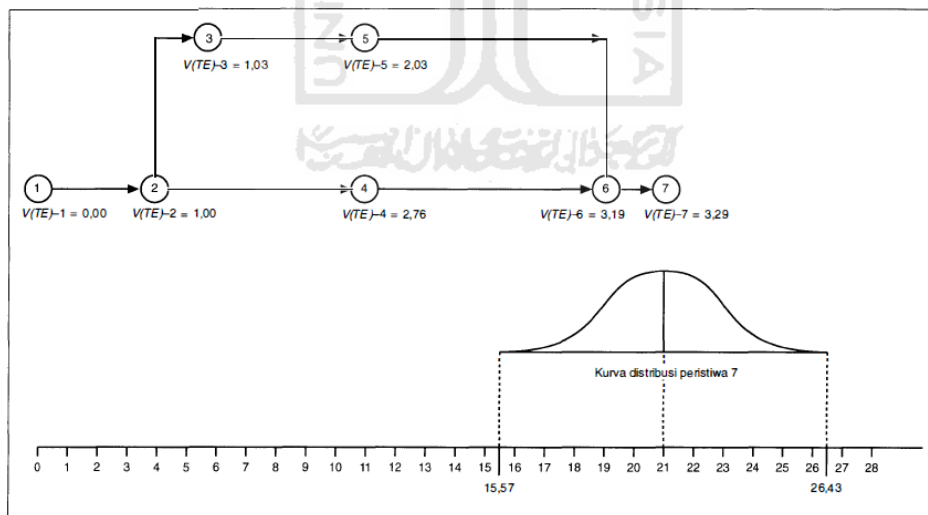
$$V = S^2$$

Dari perhitungan terdahulu maka jalur kritis adalah 1-2-4-6-7 dengan total waktu:

$$\begin{aligned}
 (TE)-7 &= (TE)-1 + te(1-2) + te(2-4) + te(4-6) + te(6-7) \\
 &= 0 + 4 + 7 + 8 + 2 = 21
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V(TE)-7 &= V(TE)-1 + V(te)1-2 + V(te)2-4 + V(te)4-6 + V(te)6-7 \\
 &= 0 + 1,00 + 1,76 + 0,43 + 0,10 = 3,29
 \end{aligned}$$

Dengan total varians  $V(TE) = 3,29$  maka deviasi standar  $S = \sqrt{(3,29)} = 1,81$  atau  $3S = 5,43$ . Jadi diperoleh angka untuk titik peristiwa selesainya proyek yaitu pada hari ke-21 (bila hari dipakai sebagai satuan waktu) dengan besar rentang  $3S$  peristiwa 7 adalah  $= 5,43$ . Atau dengan kata lain kurun waktu penyelesaian proyek adalah  $21 \pm 5,43$  hari. Dengan demikian dapat digambarkan kurva distribusi normal  $(TE)-7$  seperti terlihat pada Gambar 3.7 kanan bawah. Dari ilustrasi di bawah terlihat bedanya hasil hitungan sebelum dan sesudah memasukkan faktor deviasi standar dan varians yaitu peristiwa selesainya proyek mempunyai rentang waktu yang dalam contoh di atas sebesar  $\pm 5,43$  hari. Akibat dari keadaan ini adalah perlunya pengamatan dan analisis yang saksama dalam mengidentifikasi jalur kritis terutama pada proyek yang memiliki sejumlah jalur subkritis.



**Gambar 3.8** Mengkaji Peristiwa Selesainya Proyek Dan Kurva Distribusi Yang Bersangkutan  
(Sumber: Soeharto, 1999)

10. Target Jadwal Penyelesaian (TD)

Penyelenggaraan proyek, sering dijumpai sejumlah tonggak kemajuan (*milestone*) dengan masing-masing target jadwal atau tanggal penyelesaian yang telah ditentukan. Pimpinan proyek atau pemilik acap kali menginginkan suatu analisis untuk mengetahui kemungkinan/kepastian mencapai target jadwal tersebut. Hubungan antara waktu yang diharapkan (*TE*) dengan target  $T(d)$  pada metode PERT dinyatakan dengan  $z$  dan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Deviasi } z = \frac{T(d) - TE}{S} \quad (3.4)$$

Sebagai ilustrasi dipakai contoh proyek seperti pada Gambar 3.8. Misalnya ditentukan target penyelesaian pada hari  $Td = 20$ , kemudian ingin diketahui sejauh mana target tersebut dapat dicapai.

Dihitung  $z$ :

$$Z = \frac{T(d) - TE}{S} = \frac{20,0 - 21,0}{1,81} = \frac{-1,0}{1,81} = -0,55$$

Dengan angka  $z = -0,55$  (lihat tabel yang terlampir pada Apendiks-II) diperoleh angka “probabilitas” sebesar 0,29. Hal ini berarti kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target  $Td = 20$  adalah sebesar 29,0%. Perlu ditekankan di sini bahwa dalam menganalisis kemungkinan di atas dikesampingkan adanya usaha-usaha tambahan guna mempercepat penyelesaian pekerjaan, misalnya dengan penambahan sumber daya. Dengan diketahui indikasi berapa persen kemungkinan tercapainya target jadwal suatu kegiatan, maka hal ini merupakan informasi yang penting bagi pengelola proyek untuk mempersiapkan langkah-langkah yang diperlukan.

11. Ringkasan Menghitung *TE* (*Milestone*/Proyek selesai) dan Kemungkinan (%) Mencapai  $Td$  (Target yang Diinginkan).

Menurut Iman Soeharto (1999), garis besar urutan menghitung kemungkinan mencapai target dalam metode PERT adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan kepada masing-masing komponen kegiatan angka estimasi  $a$ ,  $b$ , dan  $m$ .



- b. Menghitung  $te$  untuk masing-masing komponen kegiatan.
- c. Identifikasi kegiatan kritis. Hitung kurun waktu penyelesaian proyek atau *milestone*, yaitu  $TE = \text{jumlah } te \text{ kegiatan-kegiatan kritis}$ .
- d. Tentukan varians untuk masing-masing kegiatan kritis pada jalur kritis terpanjang menuju titik peristiwa  $TE$  yang dimaksud.  
Dipakai rumus = dengan rumus  $V(TE) = \text{Jumlah } V(te) \text{ kegiatan kritis}$ .

- e. Sebagai langkah terakhir untuk menganalisis kemungkinan mencapai target  $T(d)$  dipakai rumus:

$$z = \frac{T(d) - TE}{S} \text{ dimana } S^2 = V(TE)$$

- f. Dengan menggunakan tabel *cummulative normal distribution function* akan dapat ditentukan kemungkinan (%) proyek selesai pada target  $T(d)$ .  
Seperti telah dijelaskan sebelumnya,  $TE$  kecuali sebagai peristiwa akhir proyek juga dapat berupa *milestone* atau peristiwa penting lain yang terjadi selama proyek berlangsung.

12. Langkah-langkah Pengerjaan Metode *PERT*

Berikut ini akan diberikan prosedur metode *PERT* dengan langkah-langkah untuk mendapatkan solusi *analysis network*:

- a. Perkirakan durasi dari setiap kegiatan dengan memperkirakan waktu tercepat (optimis,  $a$ ), waktu terlama (pesimis,  $b$ ) dan waktu yang paling mungkin terjadi ( $m$ ).
- b. Hitung nilai rata-rata (ekspektasi) durasi dari setiap kegiatan dengan formula:

$$TE = \frac{a + 4m + b}{6} \tag{3.5}$$

- c. Tentukan *predecessor* pada urutan kegiatan.
- d. Menghitung nilai *Early Event Time* (EET) dengan formula:

$$EET_j = EET_i + TE_i \tag{3.6}$$

- e. Menghitung nilai *Lately Event Time* (LET) dengan formula:

$$LET_i = LET_j - TE_i \tag{3.7}$$

- f. Analisis deviasi standar kegiatan ( $s$ ) dan varians kegiatan ( $v$ ) dengan formula:

$$s = \left(\frac{1}{6}\right) (b-a) \quad (3.8)$$

$$v = s^2 \quad (3.9)$$

- g. Analisis target jadwal penyelesaian dengan formula:

$$z = \frac{T(d)-TE}{s^2} \quad (3.10)$$

### 3.3.2 Metode PDM (*Precedence Diagram Method*)

Menurut Arianto (2010) PDM dikembangkan pada tahun 1960-an oleh Angkatan Laut AS yang bekerjasama dengan Profesor Dr. John Fondahl dari *Stanford University* untuk mengembangkan metode perhitungan CPM yang juga akan memecahkan penggunaan "Dummy" dependensi. Dr. Fondahl membalik metode diagram AOA ke metode AON secara tradisional yang dikenal dengan *precedence method*. Pada mulanya hanya ada hubungan FS saja. Proposal Dr Fondahl diterbitkan sekitar tahun 1977 di *Western Construction*. Segera setelah itu, IBM mengembangkan program komputer yang mengoperasikan perhitungan *precedence network*. Metode Fondahl ini kemudian menjadi pilihan untuk *critical path method*. Pada periode tahun 1980-2000 kemampuan komputer diperluas sehingga banyak atribut tambahan yang ditambahkan ke jaringan PDM dasar analisis program, seperti beberapa jenis hubungan, *lag* dan *lead time values* pada dependensi, beberapa kalender, dan beberapa sumber daya pada kegiatan. Penggunaan fungsi-fungsi ini benar-benar membutuhkan pelatihan tingkat tinggi dan pengalaman dalam penjadwalan konstruksi.

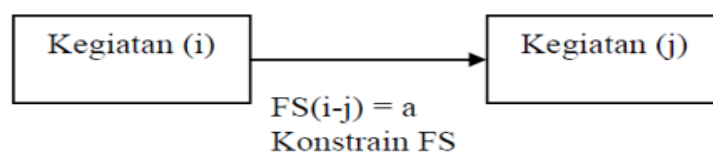
Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka di sini terdapat empat macam konstrain, Soeharto (1999) yaitu:

1. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start* (FS)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai FS (i-j) = a

yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai. Proyek selalu menginginkan besar angka a sama dengan 0 kecuali bila dijumpai hal-hal tertentu, misalnya :

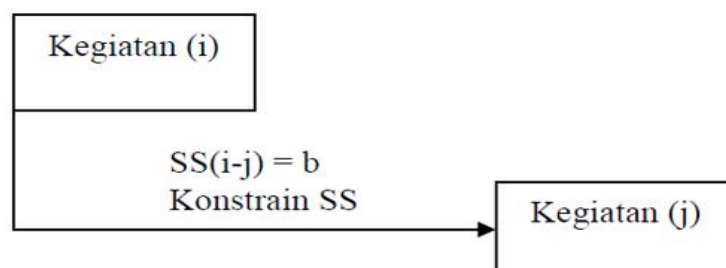
- 1) Akibat iklim yang tak dapat dicegah.
- 2) Proses kimia atau fisika seperti waktu pengeringan adukan semen.
- 3) Mengurus perizinan.



**Gambar 3.9** Konstrains *Finish to Start*  
(Sumber: Soeharto, 1999)

## 2. Konstrains mulai ke mulai – *Start to Start (SS)*

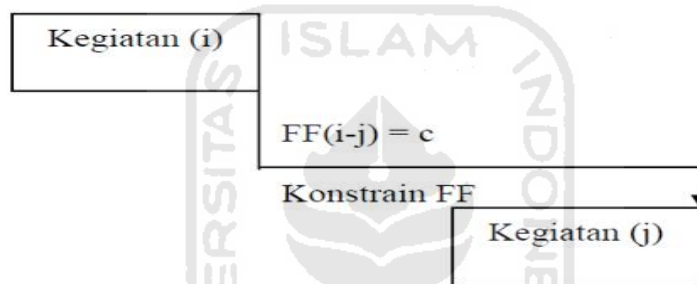
Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau  $SS(i-j) = b$  yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrains semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka waktu kegiatan terdahulu. Karena per definisi b adalah sebagian kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi disini terjadi kegiatan tumpang tindih, misalnya : pelaksanaan kegiatan pasangan pondasi batu kali dapat segera dimulai setelah pekerjaan galian pondasi cukup, misalnya setelah satu hari.



**Gambar 3.10** Konstrains *Start to Start*  
(Sumber: Soeharto, 1999)

3. Konstrains selesai ke selesai – *Finish to Finish* (FF).

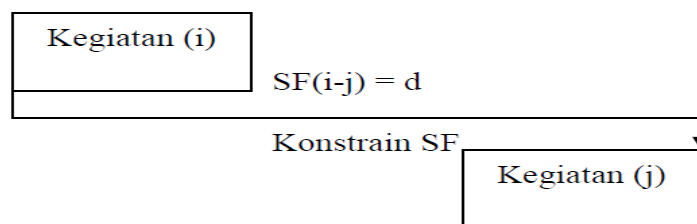
Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau  $FF(i-j) = c$  yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah  $c$  hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrains semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian ( $=c$ ) hari selesai. Angka  $c$  tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j), misalnya : pekerjaan perataan tanah tidak dapat dilakukan sebelum pekerjaan pengangkutan tanah selesai.



**Gambar 3.11** Konstrains *Finish to Finish*  
(Sumber: Soeharto, 1999)

4. Konstrains mulai ke selesai – *Start to Finish* (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan  $SF(i-j) = d$ , yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah  $d$  hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan, misalnya : pekerjaan instalasi lift harus sudah selesai setelah beberapa hari dimulainya pekerjaan sistem elektrikal.



**Gambar 3.12** Konstrains *Start to Finish*  
(Sumber: Soeharto, 1999)

Jadi dalam menyusun jaringan PDM, khususnya menentukan urutan ketergantungan, mengingat adanya bermacam konstrain tersebut, maka lebih banyak faktor yang harus diperhatikan dibanding CPM. Faktor ini dapat dikaji misalkan dengan menjawab berbagai pertanyaan berikut:

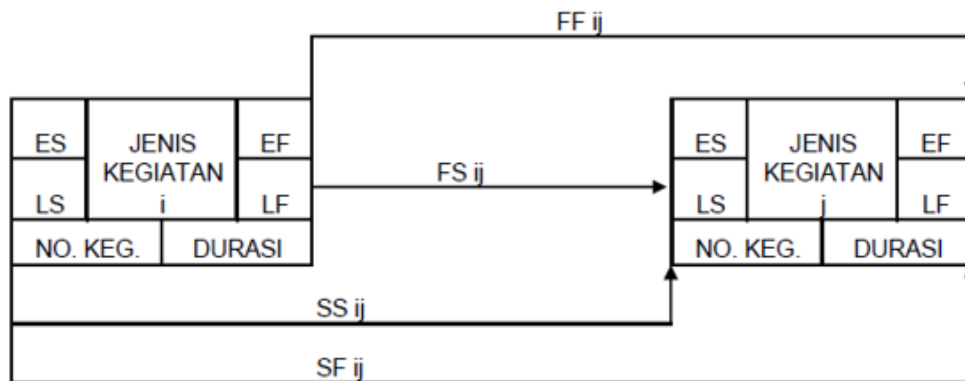
1. Kegiatan mana yang boleh dimulai sesudah kegiatan tertentu a selesai, berapa lama jarak waktu antara selesainya kegiatan a dengan dimulainya kegiatan berikutnya.
2. Kegiatan mana yang harus diselesaikan sebelum kegiatan tertentu boleh dimulai dan berapa lama tenggang waktunya.
3. Kegiatan mana yang harus dimulai sesudah kegiatan tertentu c dimulai dan berapa lama jarak waktunya.

Dalam teknik perhitungan Metode PDM merupakan jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Node* (AON). Di sini kegiatan dituliskan dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan.

ES	JENIS	EF	Keterangan : ES : <i>Earliest Start</i> LS : <i>Latest Start</i> EF : <i>Earliest Finish</i> LF : <i>Latest Finish</i>
LS	KEGIATAN	LF	
NO. KEG.		DURASI	

**Gambar 3.13** Lambang Kegiatan PDM  
(Sumber: Soeharto, 1999)

Adapun untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan lintasan kritis dapat dilakukan melalui perhitungan maju (*Forward Analysis*) dan perhitungan mundur (*Backward Analysis*) sebagai berikut:



**Gambar 3.14** Alur Kegiatan PDM

(Sumber: Soeharto, 1999)

Perhitungan maju dilakukan untuk mendapatkan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), jika lebih dari satu anak panah yang masuk dalam kegiatan maka diambil yang terbesar. Kegiatan I adalah kegiatan *predecessor*, sedangkan kegiatan J adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya ES<sub>j</sub> dan EF<sub>j</sub> adalah sebagai berikut :

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \text{ atau } ES_j = EF_i + FS_{ij}$$

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \text{ atau } EF_j = EF_i + FF_{ij} \text{ atau } ES_j + D_j$$

Jika tidak ada FS<sub>ij</sub> atau SS<sub>ij</sub> dan kegiatan *non-splitable* maka  $ES_j = EF_j - D_j$ .

Perhitungan mundur dilakukan untuk mendapatkan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF), jika lebih dari satu anak panah yang keluar dari kegiatan maka diambil yang terkecil. Kegiatan J adalah kegiatan *successor*, sedangkan kegiatan I adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya LS<sub>i</sub> dan LF<sub>i</sub> adalah sebagai berikut :

$$LS_i = LS_j - SS_{ij} \text{ atau } LS_i = LF_j - SF_{ij} \text{ atau } LF_i - D_i$$

$$LF_i = LF_j - FF_{ij} \text{ atau } LF_i = LS_j - FS_{ij}$$

Jika tidak ada FF<sub>ij</sub> atau FS<sub>ij</sub> dan kegiatan *non-splitable* maka  $LF_i = LS_i + D_i$

Adapun lintasan kritis ditandai oleh beberapa keadaan sebagai berikut:

$$ES = LS \text{ atau } EF = LF \text{ atau } LF - ES = \text{Durasi kegiatan}$$

*Float* : sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat dengan sengaja atau tidak, tanpa menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Ada dua jenis float, yaitu :

ü *Total float* : sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

$$\text{Total Float (TF)}_i = \text{Minimum (LS}_j - \text{EF}_i)$$

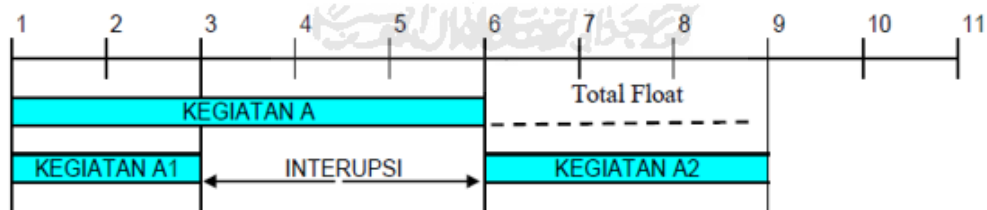
ü *Free float* : sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

$$\text{Free Float (FF)}_i = \text{Minimum (ES}_j - \text{EF}_i)$$

*Lag*, menurut Husen (2008) adalah sejumlah waktu tunggu dari suatu periode kegiatan J terhadap kegiatan I yang telah dimulai, terjadi pada hubungan SS dan SF.

*Lead*, menurut Husen (2008) adalah sejumlah waktu yang mendahului dari suatu periode kegiatan J sesudah kegiatan I sebelum selesai, terjadi pada hubungan FS dan FF.

Dalam Metode PDM terdapat kegiatan *splitable* yang dimana suatu kegiatan mempunyai *total float* sehingga dapat dihentikan sementara dan kemudian dilanjutkan kembali beberapa saat kemudian, Arianto (2010).



**Gambar 3.15** Kegiatan *Splitable*

(Sumber: Arianto, 2010)

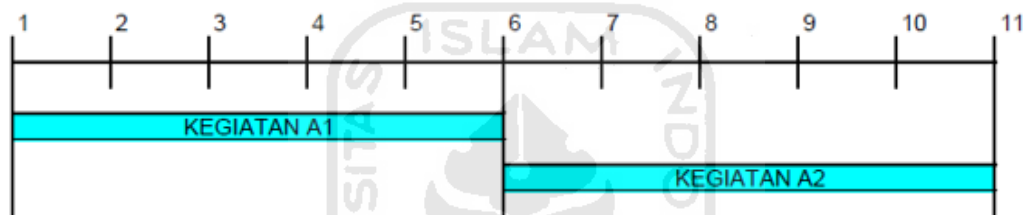
Adapun hitungan maju dan hitungan mundur untuk kegiatan *splitable* dapat dilihat:

KEGIATAN SPLITABLE	
Hitungan Maju ( <i>Forward Analysis</i> )	Hitungan Mundur ( <i>Backward Analysis</i> )
$ES_j = EF_j - D_j - \text{Interupsi}$	$LS_i = LF_i - D_i - \text{Interupsi}$
$EF_j = ES_j + D_j + \text{Interupsi}$	$LF_i = LS_i + D_i + \text{Interupsi}$
$EF_j - ES_j = D_j + \text{Interupsi}$	$LF_i - LS_i = D_i + \text{Interupsi}$

**Gambar 3.16** Hitungan Maju Dan Mundur Kegiatan *Splitable*

(Sumber: Arianto, 2010)

Kegiatan *non-splitable* adalah suatu kegiatan yang tidak mempunyai *total float* sehingga tidak diijinkan untuk berhenti di tengah pelaksanaannya Arianto, 2010).



**Gambar 3.17** Kegiatan Non-*Splitable*

(Sumber: Ervianto, 2005 : 252 dalam Arianto, 2010)

Adapun hitungan maju dan hitungan mundur untuk kegiatan *non-splitable* dapat dilihat:

KEGIATAN NON-SPLITABLE	
Hitungan Maju ( <i>Forward Analysis</i> )	Hitungan Mundur ( <i>Backward Analysis</i> )
$ES_j = EF_j - D_j$	$LS_i = LF_i - D_i$
$EF_j = ES_j + D_j$	$LF_i = LS_i + D_i$
$EF_j - ES_j = D_j$	$LF_i - LS_i = D_i$

**Gambar 3.18** Hitungan Maju Dan Mundur Kegiatan Non-*Splitable*

(Sumber: Arianto, 2010)



## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

Menurut Arisdiansah (2010) Metode penelitian adalah suatu rangkaian pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas suatu permukaan yang diurangkaikan menurut suatu tahapan yang sistematis seperti identifikasi perumusan masalah, penyusunan hipotesis, penentuan rancangan yang akan digunakan, pelaksanaan prosedur, analisis data serta penarikan kesimpulan. Metode penelitian juga dapat memberikan alternatif penjelasan sebagai kemungkinan dalam proses pemecahan masalah.

Jenis penelitian ini adalah penelitian lapangan yang bersifat studi kasus. Penelitian studi kasus merupakan penelitian terperinci mengenai suatu proyek tertentu dan kesimpulan yang dapat ditarik. Dari hasil penelitian tersebut hanya berlaku pada objek yang diteliti dan hanya dalam kurun waktu tertentu. Kesimpulan yang diperoleh tidak dapat digeneralisasikan terhadap objek dan kurun waktu yang lain.

#### **4.2 Objek Dan Subjek Penelitian**

Objek penelitian adalah proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya. Objek yang digunakan merupakan proyek Dinas Pekerjaan Umum Daerah Kota Bengkulu.

Nama Proyek : Pembangunan dan Renovasi  
Komplek Bangunan Gedung Taman  
Budaya

Nilai Pekerjaan : Rp 11.250.234.396,00

Waktu Pelaksanaan : 191 (seratus Sembilan puluh satu hari)

Nomor Kontrak : 602 / 05.328 / B.V-DPU-TR / 2018

Tanggal Kontrak : 25 Mei 2018

### 4.3 Teknik Pengumpulan Data

#### 1. Data Primer

Pada penelitian, Data primer merupakan data asli yang ada di lapangan dan hanya peneliti yang memilikinya, data primer diperoleh dengan cara pengamatan langsung (*observasi*), meminta langsung kepada pihak terkait atau bisa dengan wawancara (*interview*). Sebagai kriterium, wawancara digunakan untuk kemantapan data yang diperoleh. Itu dilakukan misalnya, untuk memeriksa apakah para kolektor data memang telah memperoleh data dengan angket kepada subjek suatu penelitian, untuk itu dilakukan wawancara dengan sejumlah sample subjek tertentu. Berikut adalah daftar pertanyaan yang akan dijadikan *interview guide* untuk mengidentifikasi sebelum dilakukannya *reschedule* ulang dan solusinya:

##### a. Data Responden

- 1) Nama :
- 2) Jabatan :
- 3) Berapa lama mengikuti proyek pemerintah :

##### b. Bagaimana *actual progress* di lapangan terhadap *time schedule*?

##### c. Berapa lama durasi atau range waktu yang ditentukan untuk mendapat nilai dari durasi optimis (a), durasi pesimis (b), dan durasi paling memungkinkan (m) pada pelaksanaan kegiatan proyek?

Dari hasil wawancara dari berbagai sumber / instalasi terkait didapatkan data-data sebagai berikut:

- 1) Data nilai lama durasi atau range waktu beserta yang didapat dan penanganan pada pelaksanaan kegiatan proyek.
- 2) Data identifikasi faktor-faktor *actual progress* pelaksanaan kegiatan proyek.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung dalam penelitian ini. Data sekunder diperoleh dari buku-buku literature, laporan, dokumen proyek, perpustakaan atau dari laporan penelitian terdahulu. Pengumpulan data sekunder untuk membantu dalam penelitian. Adapun data yang didapatkan adalah:

a. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam proyek ini anggaran biaya (RAB) sebesar Rp. 11.250.234,396.

b. *Time schedule*

Dalam SPK proyek ini memiliki waktu kerja selama 191 hari akan tetapi mengalami keterlambatan selama 45 hari sehingga menjadi 236

rencana alokasi waktu untuk menyelesaikan pekerjaan pada proyek secara keseluruhan dalam rentang waktu yang telah direncanakan untuk pelaksanaan suatu proyek konstruksi. *Time schedule* dapat digunakan sebagai tolak ukur pencapaian target waktu pelaksanaan suatu proyek.

c. *Asbuilt Drawing*

Asbuilt drawing atau gambar kerja merupakan rencana alokasi waktu untuk menyelesaikan pekerjaan pada proyek secara keseluruhan dalam rentang waktu yang telah direncanakan untuk pelaksanaan suatu proyek konstruksi. *Time schedule* dapat digunakan sebagai tolak ukur pencapaian target waktu pelaksanaan suatu proyek.

#### 4.4 Tahapan Penelitian

Dalam suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dan dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Adapun tahap-tahap penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Masalah yang akan diteliti adalah penjadwalan ulang menggunakan metode penjadwalan PERT serta kegiatan apa saja yang termasuk kegiatan kritis dan dampak pada pelaksanaan proyek.

2. Pencarian referensi

Referensi penelitian ini diambil dari makalah, jurnal, tugas akhir dan internet yang berkaitan dengan analisa biaya dan waktu akibat keterlambatan proyek. referensi ini bertujuan agar didapatkan wawasan lebih demi kemudahan penelitian ini.

3. Lokasi penelitian

Pemilihan lokasi yang akan diteliti adalah proyek pembangunan dan renovasi kompleks bangunan gedung taman budaya di kota Bengkulu.

4. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan cara mewawancarai pihak dari kontraktor sebagai pelaksana dan dinas pekerjaan umum yang terlibat, sehingga memperoleh data primer dan sekunder yang berhubungan dengan Proyek Pembangunan dan renovasi kompleks bangunan gedung taman budaya. Adapun tahapan yang dilakukan:

- a. Melakukan wawancara dengan konsultan pengawas dan pelaksana lapangan untuk mendapatkan nilai a, b, m.
- b. Pengolahan data wawancara dengan Teknik probabilitas agar mendapatkan nilai a, b, m yang tetap.

5. Analisis data

Data yang diperoleh dari proyek di analisis menggunakan metode penjadwalan PERT serta kegiatan apa saja yang termasuk kegiatan kritis dan dampak pada pelaksanaan proyek dengan bantuan *software Microsoft Excel 2016* dan *Microsoft Project 2013* sehingga dapat dianalisis waktu yang diharapkan (TE) dan untuk membuat *network planning* dan menentukan waktu pelaksanaan proyek.

Tahapan pembuatan penjadwalan dengan metode *PERT* sebagai berikut:

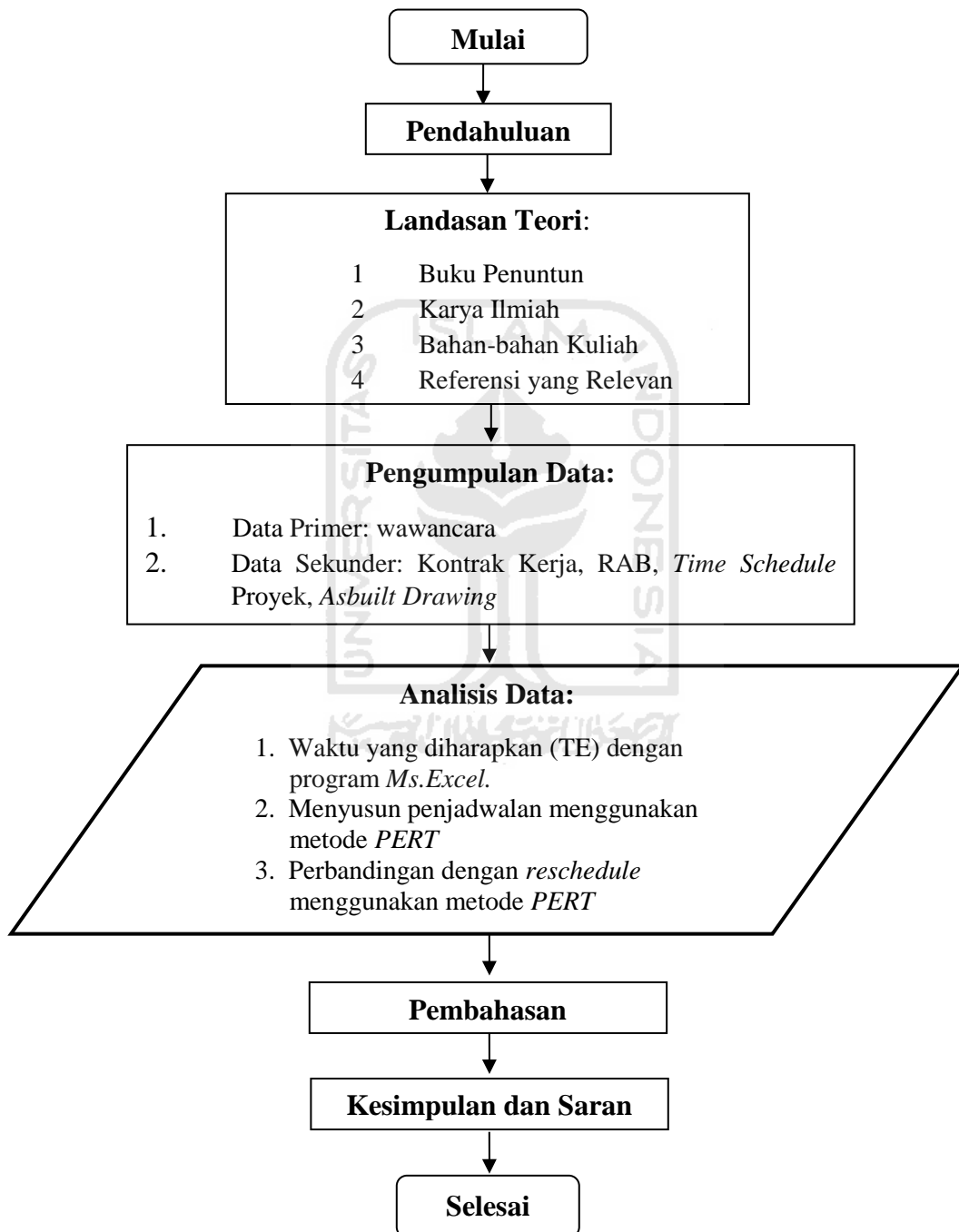
- a. Mengidentifikasi aktivitas (*activity*) dan waktu tempuhnya (durasi).
- b. Menetapkan urutan pengerjaan dari aktivitas yang telah direncanakan.
- c. Menghitung durasi untuk setiap aktivitas =  $\frac{a + 4m + b}{6}$ .
- d. Menjadwalkan ulang setiap pekerjaan dengan menggunakan durasi TE

- e. Menggambarkan AON (*Activity On Node* ) berdasarkan *predecessor* dan durasi TE.
  - f. Menganalisis Deviasi standar kegiatan  $s = \left(\frac{1}{6}\right)(b - a)$  dan varians kegiatan  $v = s^2$ .
  - g. Menganalisis target jadwal penyelesaian (TD)  $z = \frac{T(d)-TE}{s^2}$
  - h. Pembahasan hasil analisis yang telah dilakukan.
6. Kesimpulan
- Kesimpulan dari penelitian ini akan di dapat dari analisis penjadwalan ulang akibat keterlambatan proyek. Kesimpulan berisi tentang ringkasan hasil dari semua penelitian yang dilakukan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.



#### 4.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun bagan alir (*flow chart*) dari penelitian ini, dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti yang digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Data Penelitian

Data teknis dari proyek pembangunan dan renovasi kompleks bangunan gedung taman budaya di kota Bengkulu didapatkan dari hasil wawancara dan data soft file. Setiap wawancara responden diberikan pertanyaan menyangkut kebutuhan data disetiap uraian pekerjaan yang berupa (a) durasi optimis, (m) durasi yang paling mungkin, (b) durasi pesimis. Data hasil wawancara akan disesuaikan dengan data dilapangan. Responden yang akan diwawancara yaitu pengawas lapangan, *site manager*, *Quality Control* , dan kabid cipta karya pada Proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya Kota Bengkulu yang terdiri dari:

1. Meizar Setio, S.T Jabatan Pengawas Lapangan
2. Nursal, S.T.,M.T Jabatan Kabid Cipta Karya
3. Hengky Setiawan, S.T Jabatan *Site Engineer*
4. Hafis Saputra, S.T Jabatan *Quality Control*

Adapun hasil wawancara untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut:

**Tabel 5.1** Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)

No.	Uraian Pekerjaan	Meizar Setio S.T			Nursal S.T., M.T			Hengky Setiawan S.T			Hafis Saputra S.T		
		Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)		
		a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	b
<b>A</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>												
1	Biaya Administrasi dan Dokumentasi	2	3	6	1	2	3	2	3	6	2	4	6
2	Pembersihan Lapangan dan Perataan	3	4	5	2	4	6	3	5	6	2	3	5
3	Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	4	5	7	4	6	7	4	6	8	5	6	7
4	Pembongkaran Existing Sesuai Gambar	6	8	9	5	7	8	5	7	9	6	7	9
5	Pek. Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	4	5	6	2	4	5	3	4	5	3	4	6
6	Pembuatan Papan Nama Proyek	1	2	3	1	2	4	1	2	3	2	3	4
7	Pek. Steger Kerja (Scaffolding Selama Proses Pekerjaan)	3	5	6	4	5	6	3	4	6	3	5	6



**Tabel 5.2** Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)

No.	Uraian Pekerjaan	Meizar Setio S.T			Nursal S.T., M.T			Hengky Setiawan S.T			Hafis Saputra S.T		
		Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)		
		a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	b
<b>B</b>	<b>PEKERJAAN TANAH DAN PASIR</b>												
1	Pek. Galian Tanah Fasade	7	8	10	7	9	10	8	9	10	7	8	9
2	Pek. Galian Tanah Kanopi	4	5	6	3	4	6	3	5	6	3	4	5
3	Pek. Galian Tanah Kolam	1	3	5	1	2	3	2	2	4	2	3	4
4	Pek. Galian Tanah Taman	1	2	4	2	3	4	1	2	3	2	2	3
5	Pek. Galian Tanah R.Baru	2	3	6	2	3	5	3	4	6	2	4	5
6	Pek. pengurugan kembali tanah galian Fasade	3	4	6	2	3	6	2	3	5	2	4	6
7	Pek. pengurugan kembali tanah galian Kanopi	1	2	4	2	2	3	2	3	4	1	3	4
8	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Fasade	2	3	5	3	4	5	3	3	5	2	4	6
9	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Kanopi	1	3	4	1	2	4	2	3	5	1	2	3
10	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi R. Baru	3	5	7	3	4	6	3	5	6	3	4	5

**Tabel 5.3** Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)

No.	Uraian Pekerjaan	Meizar Setio S.T			Nursal S.T., M.T			Hengky Setiawan S.T			Hafis Saputra S.T		
		Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)		
		a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	b
<b>B</b>	<b>PEKERJAAN TANAH DAN PASIR</b>												
11	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Fasade	2	4	6	3	5	6	4	5	6	3	5	6
12	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Kanopi	1	2	3	1	2	2	2	2	3	1	2	3
13	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai R. Baru	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2
14	Pek. Lantai Kerja Fasade	2	4	5	2	3	4	2	3	5	3	4	5
15	Pek. Lantai Kerja Kanopi	2	3	4	2	3	5	1	2	4	2	4	5
16	Pek. Lantai Kerja R. Baru	1	2	4	1	2	3	1	2	4	1	3	4

**Tabel 5.4** Data Hasil Wawancara Durasi (a), (b), (m)

No.	Uraian Pekerjaan	Meizar Setio S.T			Nursal S.T., M.T			Hengky Setiawan S.T			Hafis Saputra S.T		
		Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)			Durasi (Hari)		
		a	m	b	a	m	b	a	m	b	a	m	B
<b>C</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI</b>												
1	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (R.Baru)	11	13	15	11	12	14	12	13	15	11	12	13
2	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (Kanopi)	2	3	5	2	3	4	2	4	6	2	3	5
3	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Plat Fasade PC1 ( 150 x 150 x 60 )	1	2	4	2	2	4	1	2	3	2	3	4
4	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Plat Fasade PC2 ( 150 x 150 x 30 )	5	6	7	4	5	7	4	6	7	4	5	6
5	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Plat Fasade PC3 ( 100 x 100 x 30 )	1	2	4	1	1	2	2	2	3	1	2	2

Dari data wawancara diatas diperoleh berdasarkan pengalaman dari setiap narasumber yang dimana nantinya akan dianalisis dan diambil hasil nilai rata-ratanya sehingga memperoleh estimasi angka-angka durasi optimis (a), durasi pesimis (b), dan durasi yang paling mungkin (m).

## 5.2 Analisis Durasi Yang Diharapkan (TE)

Pada pembuatan jadwal atau *time schedule* proyek, setelah menentukan estimasi angka-angka durasi optimis (a), durasi pesimis (b), dan durasi yang paling mungkin (m), maka selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka yaitu durasi yang diharapkan (*expected duration time, TE*) seperti yang dijelaskan pada landasan teori sebelumnya, durasi yang diharapkan (TE) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TE = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Perhitungan durasi yang diharapkan (TE) adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan TE untuk pekerjaan pembersihan lapangan dan perataan.

Durasi optimis (a) = 3 hari

Durasi pesimis (b) = 6 hari

Durasi paling mungkin (m)= 4 hari

maka,

$$TE = \frac{a + 4m + b}{6}$$

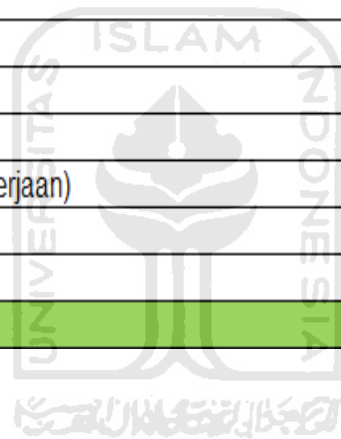
$$= \frac{3 + 4 \cdot 4 + 6}{6}$$

$$= 4,167 \rightarrow 5 \text{ hari}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan durasi yang diharapkan (TE) dapat dilihat pada gambar berikut:

**Gambar 5.1** Data Durasi Optimis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), Rekapitulasi Durasi Yang Diharapkan (Te)

NO.	URAIAN PEKERJAAN	DURASI ( Hari )			TE	PEMBULATAN
		a	m	b		
		<b>A</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>			
1	Biaya Administrasi dan Dokumentasi	2	3	5	3,167	4
2	Pembersihan Lapangan dan Perataan	3	4	6	4,000	4
3	Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	4	6	7	5,750	6
4	Pembongkaran Existing Sesuai Gambar	6	7	9	7,208	8
5	Pek. Steger Kerja (Scaffolding Selama Proses Pekerjaan)	3	4	6	4,250	5
6	Pek. Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	1	2	4	2,292	3
7	Pembuatan Papan Nama Proyek	3	5	6	4,708	5
					<b>31,375</b>	<b>32,000</b>

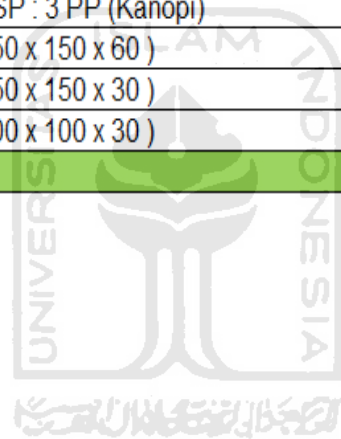


**Gambar 5.2** Data Durasi Optimis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), Rekapitulasi Durasi Yang Diharapkan (Te)

NO.	URAIAN PEKERJAAN	DURASI ( Hari )			TE	PEMBULATAN
		a	m	b		
		<b>B</b>	<b>PEKERJAAN TANAH DAN PASIR</b>			
1	Pek. Galian Tanah Fasade	7	9	10	8,500	9,000
2	Pek. Galian Tanah Kanopi	3	5	6	4,500	5,000
3	Pek. Galian Tanah Kolam	2	3	4	2,583	3,000
4	Pek. Galian Tanah Taman	2	2	4	2,333	3,000
5	Pek. Galian Tanah R. Baru	2	4	6	3,625	4,000
6	Pek. pengurugan kembali tanah galian Fasade	2	4	6	3,667	4,000
7	Pek. pengurugan kembali tanah galian Kanopi	2	3	4	2,542	3,000
8	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Fasade	3	4	6	3,708	4,000
9	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Kanopi	1	3	4	2,542	3,000
10	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi R. Baru	3	5	6	4,500	5,000
11	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Fasade	3	5	6	4,708	5,000
12	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Kanopi	1	2	3	2,042	2,000
13	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai R. Baru	1	1	2	1,292	2,000
14	Pek. Lantai Kerja Fasade	2	4	5	3,500	4,000
15	Pek. Lantai Kerja Kanopi	2	3	5	3,042	3,000
16	Pek. Lantai Kerja R. Baru	1	2	4	2,333	3,000
					<b>55,417</b>	<b>56,000</b>

**Gambar 5.3** Data Durasi Optimis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), Rekapitulasi Durasi Yang Diharapkan (Te)

NO.	URAIAN PEKERJAAN	DURASI ( Hari )			TE	PEMBULATAN
		a	m	b		
		<b>C</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI</b>			
1	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (R.Baru)	10	11	14	11,208	12,000
2	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (Kanopi)	2	3	5	3,333	4,000
3	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Fasade PC1 ( 150 x 150 x 60 )	2	2	4	2,375	3,000
4	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Fasade PC2 ( 150 x 150 x 30 )	4	6	7	5,500	6,000
5	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Fasade PC3 ( 100 x 100 x 30 )	1	2	3	1,833	2,000
					24,250	25,000



**Gambar 5.4** Data Durasi Optimis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), Rekapitulasi Durasi Yang Diharapkan (Te)

NO.	URAIAN PEKERJAAN	DURASI ( Hari )			TE	PEMBULATAN
		a	m	b		
		<b>D</b>	<b>PEKERJAAAN BETON</b>			
1	Pek. Pemasangan Beton Sloof Fasade 30/40	8	9	10	8,792	9,000
2	Pek. Pemasangan Beton Sloof Kanopi 20/30	2	4	5	3,500	4,000
3	Pek. Pemasangan beton Sloof R.Baru 15/25	4	6	7	5,708	6,000
4	Pek. pemasangan beton Kolom Fasade 35/45	9	10	12	10,125	11,000
5	Pek. pemasangan beton Kolom Kanopi 30/30	3	4	6	4,000	4,000
6	Pek. pemasangan beton Kolom R.Baru 35/45	5	6	7	5,917	6,000
7	Pek. pemasangan beton Kolom R.Baru 13/13	4	5	7	5,042	5,000
8	Pek. Pemasangan Balok Beton Kanopi 20/40	2	4	5	3,542	4,000
9	Pek. Pemasangan Balok Beton R.Baru 20/30	5	7	8	6,542	7,000
10	Pek. Pemasangan Balok Beton R.Baru 15/25	2	3	5	3,292	4,000
11	Pek. Pemasangan Beton Plat Fasade t : 15 cm	15	16	18	16,042	16,000
12	Pek. Pemasangan Beton Plat Kanopi t : 15 cm	4	6	7	5,417	6,000
13	Pek. Pemasangan Beton Plat R. Baru t : 15 cm	3	5	6	4,750	5,000
14	Pek. Pemasangan Beton Plat R.Baru t : 13 cm	4	6	8	5,792	6,000
15	Pek. Pemasangan beton Sloof Kolam 15/20	5	7	8	6,542	7,000
16	Pek. Pemasangan beton Sloof Taman 15/20	7	8	9	7,958	8,000
17	Pek. Pemasangan Beton Plat Kolam t : 12 cm	7	8	10	8,042	8,000
18	Pek. Pemasangan Beton Plat Kolam t : 10 cm	4	5	6	4,958	5,000
19	Pek. Pemasangan Beton Plat Luifel t : 10 cm	3	5	6	4,708	5,000
20	Pek. Pemasangan Beton Plat Meja Beton t : 10 cm	1	2	3	1,750	2,000
					<b>122,417</b>	<b>123,000</b>



**Gambar 5.5** Data Durasi Optimis (a), Durasi Pesimis (b), Durasi Paling Mungkin (m), Rekapitulasi Durasi Yang Diharapkan (Te)

NO.	URAIAN PEKERJAAN	DURASI ( Hari )			TE	PEMBULATAN
		a	m	b		
		<b>E</b>	<b>PEKERJAAN PASANGAN</b>			
1	Pek. Pemasangan Dinding Bata Merah Tebal 1/2 batu camp 1SP : 4PP (Kolam)	8	10	12	9,833	10,000
2	Pek. Pemasangan Dinding Bata Merah Tebal 1/2 batu camp 1SP : 4PP (Taman)	11	12	14	12,000	12,000
3	Pek. Pemasangan Dinding Bata Merah Tebal 1/2 batu camp 1SP : 4PP (R.Baru)	18	19	21	19,292	20,000
4	Pek. Pemasangan plesteran 1SP : 2 PP tebal 15 mm (Kolam)	9	10	12	10,292	11,000
5	Pek. Pemasangan plesteran 1SP : 2 PP tebal 15 mm (Taman)	12	13	15	13,000	13,000
6	Pek. Pemasangan plesteran 1SP : 4 PP tebal 15 mm (R.Baru)	20	22	23	21,667	22,000
7	Pek. Acian (Kolam)	9	10	12	9,875	10,000
8	Pek. Acian (Taman)	11	12	14	12,000	12,000
9	Pek. Acian (R.Baru)	18	19	21	19,333	20,000
10	Pek. Pemasangan Granit Giallo	11	13	14	12,500	13,000
11	Pek. Pemasangan Granit Legno	4	5	7	4,875	5,000
12	Pek. Pemasangan Granit 60/60 Ex. Viva	15	16	18	16,000	16,000
13	Pek. Pemasangan Granit Hitam Matt	4	6	7	5,750	6,000
14	Pek. Pemasangan Taman dan Kolam Bungkus Keramik Kulit Jeruk	11	12	14	12,000	12,000
15	Pek. Pemasangan Marmer Dark Emperador	8	9	11	8,917	9,000
16	Pek. Pemasangan Keramik Tile 60/60	3	5	7	4,792	5,000
17	Pek. Pemasangan Keramik Tile 25/25	3	4	6	4,000	4,000
18	Pek. Pemasangan Keramik Tile 25/50	4	5	7	4,833	5,000
19	Pek. Pemasangan Walnut 30/60	5	6	8	6,042	6,000
20	Pek. Pemasangan Floor Hardener	4	6	7	5,500	6,000
21	Pek. Pemasangan Nero Cemento 60/60	8	9	10	8,792	9,000
22	Pek. Pemasangan Rumput Gajah Mini	3	4	6	4,167	5,000
					225,458	226,000

Setelah didapatkannya durasi TE pada setiap uraian pekerjaan diatas, maka kita dapat mengidentifikasi setiap pekerjaan tersebut, dengan memperkecil kegiatan-kegiatan yang tergolong waktu yang mengambang (*slack*) yang dapat dipergunakan ketika kegiatan tertunda digunakan secara efektif dan disesuaikan dengan norma-norma beserta urutan kegiatan pada jadwal proyek yang sudah ada. setelah itu kita membuat *schedule* baru sesuai dengan TE diatas untuk mendapatkan durasi total dibuatlah *bar chart* yang dapat dilihat di lampiran.

### 5.3 Analisis Penjadwalan Proyek

#### 5.3.1 Analisis Deviasi Standar Kegiatan dan Varians Kegiatan

Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu dan bukan satu kurun waktu yang pasti. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Besarnya derajat ketidakpastian ini tergantung dari besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b. Dalam metode *PERT*, parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai deviasi standar dan varians. Semakin kecil nilai varians, maka menunjukkan bahwa semakin pasti suatu kegiatan dapat diselesaikan, dan sebaliknya. Nilai deviasi standar (S) dan varians (V) pekerjaan utama diambil dari nilai deviasi standar dan varians yang terbesar pada pekerjaan rincian. Seperti yang di bahas pada landasan teori hal 19-21. Berikut contoh perhitungan deviasi standar dan varians.

1. Nilai deviasi standar dan varians pekerjaan lapangan dan perataan.

Durasi optimis (a) = 3 hari

Durasi pesimis (b) = 6 hari

maka,

$$\begin{aligned} S &= \left(\frac{1}{6}\right) (b-a) \\ &= \left(\frac{1}{6}\right) (6-3) = 0,500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= S^2 \\ &= 0,500^2 = 0,250 \end{aligned}$$

2. Nilai deviasi standar dan varians pekerjaan pembuatan papan nama proyek.

Durasi optimis (a) = 3 hari

Durasi pesimis (b) = 6 hari

maka,

$$\begin{aligned} S &= \left(\frac{1}{6}\right)(b-a) & V &= S^2 \\ &= \left(\frac{1}{6}\right)(6-3) & &= 0,458^2 \\ &= 0,458 & &= 0,210 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians pekerjaan rincian dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut:



**Gambar 5.6** Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian

NO.	URAIAN PEKERJAAN	S	S <sup>2</sup>
<b>A</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>		
1	Biaya Administrasi dan Dokumentasi	0,583	0,340
2	Pembersihan Lapangan dan Perataan	0,500	0,250
3	Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	0,500	0,250
4	Pembongkaran Existing Sesuai Gambar	0,542	0,294
7	Pek. Steger Kerja (Scaffolding Selama Proses Pekerjaan)	0,417	0,174
5	Pek. Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	0,375	0,141
6	Pembuatan Papan Nama Proyek	0,458	0,210
		<b>3,376</b>	<b>1,659</b>

**Gambar 5.7** Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian

NO.	URAIAN PEKERJAAN	s	s <sup>2</sup>
<b>B</b>	<b>PEKERJAAN TANAH DAN PASIR</b>		
1	Pek. Galian Tanah Fasade	0,417	0,174
2	Pek. Galian Tanah Kanopi	0,417	0,174
3	Pek. Galian Tanah Kolam	0,417	0,174
4	Pek. Galian Tanah Taman	0,333	0,111
5	Pek. Galian Tanah R.Baru	0,542	0,294
6	Pek. pengurangan kembali tanah galian Fasade	0,583	0,340
7	Pek. pengurangan kembali tanah galian Kanopi	0,375	0,141
8	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Fasade	0,458	0,210
9	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Kanopi	0,458	0,210
10	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi R. Baru	0,500	0,250
11	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Fasade	0,500	0,250
12	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Kanopi	0,250	0,063
13	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai R. Baru	0,125	0,016
14	Pek. Lantai Kerja Fasade	0,417	0,174
15	Pek. Lantai Kerja Kanopi	0,458	0,210
16	Pek. Lantai Kerja R. Baru	0,458	0,210
		<b>6,710</b>	<b>2,999</b>

**Gambar 5.8** Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian

NO.	URAIAN PEKERJAAN	s	s <sup>2</sup>
<b>C</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI</b>		
1	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (R.Baru)	0,625	0,391
2	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (Kanopi)	0,500	0,250
3	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Plat Fasade PC1 ( 150 x 150 x 60 )	0,375	0,141
4	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Plat Fasade PC2 ( 150 x 150 x 30 )	0,417	0,174
5	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Plat Fasade PC3 ( 100 x 100 x 30 )	0,250	0,063
		<b>2,167</b>	<b>1,018</b>



**Gambar 5.9** Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian

NO.	URAIAN PEKERJAAN	s	s <sup>2</sup>
<b>D</b>	<b>PEKERJAAAN BETON</b>		
1	Pek. Pemasangan Beton Sloof Fasade 30/40	0,458	0,210
2	Pek. Pemasangan Beton Sloof Kanopi 20/30	0,417	0,174
3	Pek. Pemasangan beton Sloof R.Baru 15/25	0,458	0,210
4	Pek. pemasangan beton Kolom Fasade 35/45	0,542	0,294
5	Pek. pemasangan beton Kolom Kanopi 30/30	0,500	0,250
6	Pek. pemasangan beton Kolom R.Baru 35/45	0,417	0,174
7	Pek. pemasangan beton Kolom R.Baru 13/13	0,542	0,294
8	Pek. Pemasangan Balok Beton Kanopi 20/40	0,458	0,210
9	Pek. Pemasangan Balok Beton R.Baru 20/30	0,542	0,294
10	Pek. Pemasangan Balok Beton R.Baru 15/25	0,458	0,210
11	Pek. Pemasangan Beton Plat Fasade t : 15 cm	0,542	0,294
12	Pek. Pemasangan Beton Plat Kanopi t : 15 cm	0,417	0,174
13	Pek. Pemasangan Beton Plat R. Baru t : 15 cm	0,500	0,250
14	Pek. Pemasangan Beton Plat R.Baru t : 13 cm	0,542	0,294
15	Pek. Pemasangan beton Sloof Kolam 15/20	0,542	0,294
16	Pek. Pemasangan beton Sloof Taman 15/20	0,458	0,210
17	Pek. Pemasangan Beton Plat Kolam t : 12 cm	0,542	0,294
18	Pek. Pemasangan Beton Plat Kolam t : 10 cm	0,458	0,210
19	Pek. Pemasangan Beton Plat Luifel t : 10 cm	0,458	0,210
20	Pek. Pemasangan Beton Plat Meja Beton t : 10 cm	0,250	0,063
		<b>9,502</b>	<b>4,609</b>

**Gambar 5.10** Rekapitulasi Nilai Deviasi Standar dan Varians Pekerjaan Rincian

NO.	URAIAN PEKERJAAN	s	s <sup>2</sup>
<b>E</b>	<b>PEKERJAAN PASANGAN</b>		
1	Pek. Pemasangan Dinding Bata Merah Tebal 1/2 batu camp 1SP : 4PP (Kolam)	0,583	0,340
2	Pek. Pemasangan Dinding Bata Merah Tebal 1/2 batu camp 1SP : 4PP (Taman)	0,500	0,250
3	Pek. Pemasangan Dinding Bata Merah Tebal 1/2 batu camp 1SP : 4PP (R.Baru)	0,542	0,294
4	Pek. Pemasangan plesteran 1SP : 2 PP tebal 15 mm (Kolam)	0,542	0,294
5	Pek. Pemasangan plesteran 1SP : 2 PP tebal 15 mm (Taman)	0,500	0,250
6	Pek. Pemasangan plesteran 1SP : 4 PP tebal 15 mm (R.Baru)	0,500	0,250
7	Pek. Acian (Kolam)	0,542	0,294
8	Pek. Acian (Taman)	0,500	0,250
9	Pek. Acian (R.Baru)	0,500	0,250
10	Pek. Pemasangan Granit Giallo	0,500	0,250
11	Pek. Pemasangan Granit Legno	0,542	0,294
12	Pek. Pemasangan Granit 60/60 Ex. Viva	0,500	0,250
13	Pek. Pemasangan Granit Hitam Matt	0,500	0,250
14	Pek. Pemasangan Taman dan Kolam Bungkus Keramik Kulit Jeruk	0,500	0,250
15	Pek. Pemasangan Marmer Dark Emperador	0,583	0,340
16	Pek. Pemasangan Keramik Tile 60/60	0,542	0,294
17	Pek. Pemasangan Keramik Tile 25/25	0,500	0,250
18	Pek. Pemasangan Keramik Tile 25/50	0,500	0,250
19	Pek. Pemasangan Walnut 30/60	0,458	0,210
20	Pek. Pemasangan Floor Hardener	0,417	0,174
21	Pek. Pemasangan Nero Cemento 60/60	0,458	0,210
22	Pek. Pemasangan Rumput Gajah Mini	0,500	0,250
		<b>11,211</b>	<b>5,744</b>



### 5.3.2 Analisis Penjadwalan Dengan Metode PDM

Analisis ini menggunakan metode PDM, dimana jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Node* (AON). Metode ini digunakan untuk merepresentasikan *network* pekerjaan pada suatu proyek. Durasi yang digunakan merupakan durasi yang telah di analisis terlebih dahulu menggunakan metode PERT kemudian dijadikan rangkaian kegiatan mengikuti data *time schedule* proyek realisasi dan rencana yang dimana diambil waktu tercepat antara kedua data tersebut dan telah disesuaikan dengan norma-norma dalam pembuatan time schedule, sehingga menghasilkan waktu yang lebih singkat dibandingkan durasi yang ada pada jadwal perencanaan. Hasil time schedule analisis dan diagram PDM dapat dilihat pada data lampiran, sedangkan durasi yang diperoleh dari hasil analisis yaitu selama 163 hari. Berikut rangkaian kegiatan sesuai hasil analisis:

**Gambar 5.11** Rangkaian Kegiatan Kritis dan Durasi

KEGIATAN	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	KONSTRAN
<b>A</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>		
1	Biaya Administrasi dan Dokumentasi	4	-
2	Pembersihan Lapangan dan Perataan	4	(SS 1-2)
3	Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	6	(SS 2-3)
4	Pembongkaran Existing Sesuai Gambar	7	(FS 2-4) -1, (SS 3-4) 3
5	Pek. Steger Kerja (Scaffolding Selama Proses Pekerjaan)	5	(SS 3-5)
6	Pek. Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	3	(SS 5-6)
7	Pembuatan Papan Nama Proyek	5	(SS 6-7) 1
<b>B</b>	<b>PEKERJAAN TANAH DAN PASIR</b>		
8	Pek. Galian Tanah Fasade	9	(FS 4-8)
9	Pek. Galian Tanah Kanopi	5	(SS 8-9)
10	Pek. Galian Tanah R. Baru	4	(SS 9-10)
11	Pek. pengurugan kembali tanah galian Fasade	4	(FS 8-11) -2, (FS 9-11) 2
12	Pek. pengurugan kembali tanah galian Kanopi	3	(FS 10-12)
13	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Fasade	4	(FS 11-13)
14	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi Kanopi	3	(SS 11-14), (FS 12-14)
15	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Pondasi R. Baru	4	(SS 14-15)
16	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Fasade	5	(SS 13-16), (FS 15-16),
17	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai Kanopi	3	(SS 16-17)
18	Pek. Urugan Pasir Bawah Lantai R. Baru	2	(FS 15-18), (SS 17-18)
19	Pek. Lantai Kerja Fasade	5	(FS 16-19), (FS 17-19) 2
20	Pek. Lantai Kerja Kanopi	3	(FS 17-20)
21	Pek. Lantai Kerja R. Baru	3	(SS 20-21)
22	Pek. Galian Tanah Kolam	3	(SS 19-22), (FS 21-22) -1
23	Pek. Galian Tanah Taman	3	(SS 22-23)
<b>C</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI</b>		
24	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (R. Baru)	13	(FS 19-24), (FS 23-24) 2
25	Pek. Pemasangan Pondasi Batu Kali Campuran 1 SP : 3 PP (Kanopi)	4	(SS 24-25)
26	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Fasade PC1 ( 150 x 150 x 60 )	3	(FS 25-26)
27	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Fasade PC2 ( 150 x 150 x 30 )	7	(SS 25-27)
28	Pek. Pemasangan Beton Pondasi Fasade PC3 ( 100 x 100 x 30 )	2	(FS 27-28)

#### 5.4 Analisis Target Jadwal Penyelesaian (TD)

Sesuai jalur kritis yang diperoleh dari analisis yaitu pada kegiatan tersebut maka didapat jumlah total durasi yang diharapkan ( $TE$ ) = 163 hari dan total varians kegiatan ( $V$ ) = 23,81. Hubungan antara waktu yang diharapkan ( $TE$ ) dengan target  $T(d)$  pada metode PERT dinyatakan dengan  $z$  dan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Deviasi } z = \frac{T(d) - TE}{S^2} \text{ dimana } S^2 = V$$

Untuk mengetahui kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target yang diinginkan  $T(d)$ , dari data kontrak kerja target penyelesaian proyek yang diinginkan yaitu  $T(d) = 191$  hari.

Dihitung  $z$ :

$$V = S^2 = 23,81$$

$$Z = \frac{T(d) - TE}{v} = \frac{191 - 163}{23,81} = \frac{28}{23,81} = 1,17$$

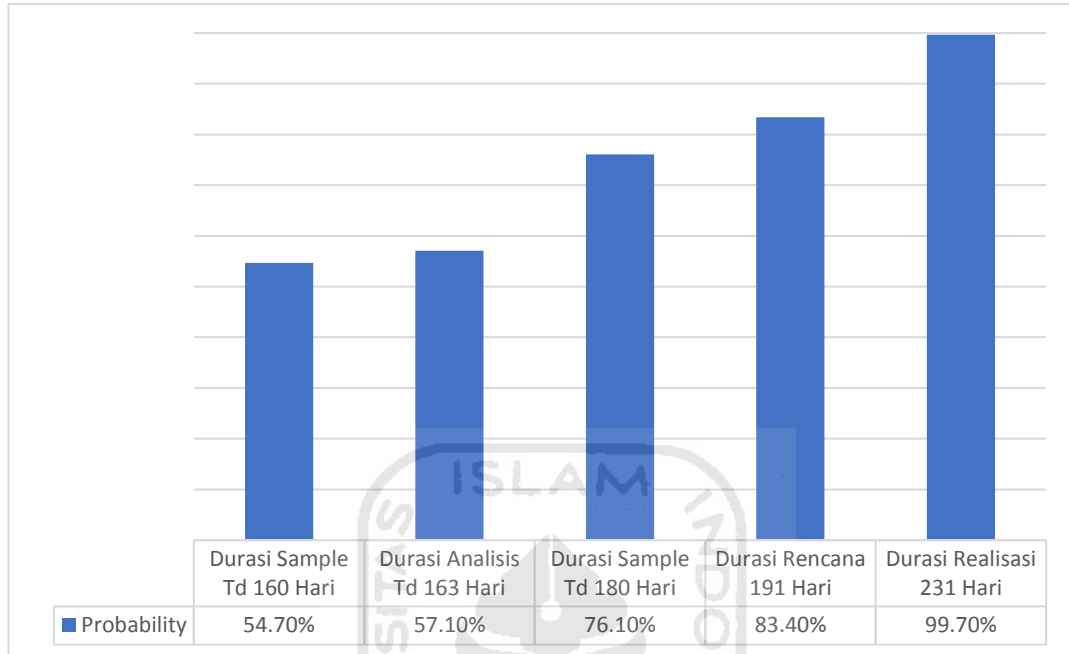
Dengan angka  $z = 0,97$  (lihat pada tabel Apendiks-II) diperoleh angka sebesar  $0,879 \times 100\% = 87,9\%$ . Untuk mengetahui kemungkinan yang diperoleh dari durasi proyek maka diambil beberapa sample perhitungan  $T(d)$  yang mendekati dengan hasil analisis dan perhitungan dengan data yang ada dilapangan proyek. Hasil perhitungan sample tersebut dapat dilihat dari tabel berikut:

**Tabel 5.5 Analisis Probability**

Perencanaan Analisis	Waktu	Probability	Keterangan
Perhitungan sample PERT Td = 160 hari	160 Hari	54,7%	Dengan sample durasi waktu 160 hari maka kemungkinan proyek untuk diselesaikan lebih kecil dengan probability 54% dan tidak mungkin untuk dilaksanakan.
Perhitungan analisis PERT Td = 163 hari	163 Hari	57,1%	Dengan durasi waktu 163 hari hasil dari analisis maka kemungkinan proyek untuk diselesaikan juga lebih kecil dengan probability 57,1%.
Perhitungan sample PERT Td = 180 hari	180 Hari	76,1%	Dengan sample durasi waktu 180 hari lebih lama dari hasil analisis maka kemungkinan proyek untuk diselesaikan lebih besar dengan probability 76,1%.
Jadwal Perencanaan Td= 191 hari	191 Hari	87,9%	Dengan durasi waktu sesuai dengan rencana 191 hari maka kemungkinan proyek untuk diselesaikan lebih besar dengan probability 87,9%.
Jadwal Realisasi Td = 231 hari	231 Hari	99,7%	Dengan durasi waktu realisasi selama 231 hari maka kemungkinan proyek untuk diselesaikan lebih besar dengan probability 99,7%, akan tetapi waktu ini sudah melewati waktu yang tertera pada kontrak kerja selama 191 hari.

Dari hasil tabel diatas dapat digambarkan diagram *probability* sebagai berikut:

**Gambar 5.12** Diagram *Probability*



Dari hasil analisis target jadwal penyelesaian terdapat beberapa hasil yang diperoleh yaitu:

1. Berdasarkan waktu perencanaan selama 191 hari diperoleh hasil *probability* sebesar 87,9% yang dimana menunjukan bahwa waktu pada jadwal perencanaan tersebut kemungkinan akan dapat terselesaikan pekerjaan proyek sesuai dengan jadwal.
2. Berdasarkan waktu realisasi selama 231 hari diperoleh hasil *probability* sebesar 99,7% yang dimana menunjukan bahwa waktu pada jadwal realisasi tersebut kemungkinan akan dapat terselesaikan lebih besar dari pada hasil dari waktu perencanaan, akan tetapi waktu tersebut tidak sesuai dengan penjadwalan yang telah ditentukan pada kontrak kerja. Sehingga waktu 231 hari ini termasuk jadwal proyek yang sudah mengalami keterlambatan.
3. Berdasarkan waktu hasil analisis selama 163 hari diperoleh hasil *probability* 57,1% yang dimana menunjukan bahwa kemungkinan akan dapat terselesaikan lebih kecil dari pada waktu yang direncanakan, apalagi untuk durasi yang lebih kecil dari durasi analisis.

4. Berdasarkan waktu sample pendekatan selama 160 dan 180 hari diperoleh hasil *probability* 54,7% dan 76,1% yang dimana dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan kemungkinan durasi atau waktu terbaik untuk penyelesaian suatu proyek.

## 5.5 Pembahasan

Dari hasil analisis dengan menggunakan metode *PERT* terdapat beberapa hasil yang dapat diperoleh yaitu:

1. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa dengan metode *PERT* dapat menyelesaikan Proyek Pembangunan dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya dalam durasi 163 hari yang dimana lebih cepat dibandingkan jadwal pada perencanaan selama 191 hari dan jadwal realisasi selama 231 hari. Akan tetapi pada saat analisis target jadwal penyelesaian durasi yang telah di analisis tersebut kemungkinan untuk terselesainya dengan jadwal 163 hari hanya memiliki kemungkinan (*probability*) 57,1%. Hal tersebut menunjukkan adanya salah satu faktor penyebab yang bisa menjadi kekurangan dalam analisis ini, untuk itu selanjutnya diharapkan dalam proses pengambilan data peneliti harus menggunakan data yang lebih valid seperti contoh pengambilan data pengalaman kontraktor dalam beberapa tahun pengerjaan suatu project sehingga menghasilkan durasi yang sesuai dengan pengalaman pada pelaksanaan saat proses pengerjaan suatu proyek dan dapat meminimalisir kesalahan hasil analisis data.
2. Dengan metode ini juga dapat melakukan pengecekan seberapa besar kemungkinan (*probability*) durasi atau waktu penyelesaian pada saat pelelangan tender agar dapat terselesaikan sesuai jadwal atau tidak, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan langkah-langkah apa saja yang harus dipersiapkan apabila ingin melanjutkan proses tender proyek tersebut.

## **BAB VI**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 SIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis dengan metode PERT pada pekerjaan proyek Pembangunan Gedung dan Renovasi Komplek Bangunan Gedung Taman Budaya menghasilkan durasi 163 hari yang dimana lebih cepat dibandingkan jadwal rencana selama 191 hari dan jadwal realisasi selama 231 hari.
2. Penyebab perbedaannya adalah pada saat pengambilan data analisis menggunakan metode wawancara yang kemudian dianalisis menggunakan metode PERT dan memperoleh hasil durasi optimis (a), durasi pesimis (b), dan durasi yang paling mungkin (m), sehingga dengan proses tersebut terdapat perbedaan dengan durasi pada jadwal realisasi ataupun durasi pada jadwal rencana.

#### **6.2 SARAN**

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang akan disampaikan, antara lain:

1. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya meneliti lebih lanjut dengan menggunakan data yang disesuaikan pada dokumen pengalaman suatu perusahaan. Sehingga akan memperoleh hasil yang lebih valid sesuai dengan kinerja dilapangan.
2. Lebih baik menggunakan metode *PERT* dalam merencanakan penjadwalan karena metode ini dapat menganalisis kemungkinan-kemungkinan sejauh mana proyek menyimpang atau memenuhi sasaran, sehingga dapat melakukan pengecekan seberapa besar kemungkinan (*probability*) durasi atau waktu penyelesaian pada saat pelaksanaan dan pelelangan tender agar dapat terselesaikan sesuai jadwal atau tidak, sehingga dapat menjadi bahan

pertimbangan dalam menentukan langkah-langkah apa saja yang harus dipersiapkan apabila ingin melanjutkan proses tender proyek tersebut. dapat menghasilkan waktu rencana pelaksanaan yang lebih tepat sesuai dengan waktu penjadwalan dan tidak mengalami keterlabatan pada saat realisasi dilapangan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adria, E. 2018. *Analisis Penjadwalan Ulang Proyek Dengan Metode PERT*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Arisdiansah, L. 2010. *Perencanaan Retrofitting Pada Gedung Puskesmas Harjobinangun Sebagai Langkah Upaya Pengurangan Resiko Bahaya Akibat Gempa*. Yogyakarta.
- Arianto, A. 2010. *Eksplorasi Metode BAR CHART, CPM, PDM, PERT, LINE OF BALANCE DAN TIME CHAINAGE DIAGRAM Dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ervianto, I. 2003. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Firmansyah, A. 2017. *Analisis Penjadwalan Ulang (Rescheduling) Proyek dengan Metode Pert*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hajek, G. 1994. *Manajemen Proyek Perekayasaan*. Erlangga. Jakarta.
- Muchlisin, I. 2019. *Analisis Penjadwalan Ulang Menggunakan Metode PERT*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rushendi, H. 2017. *Identifikasi Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan Proyek*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Roger, G. 2000. *Manajemen Operasi: Pengambilan Keputusan Dalam Suatu Fungsi*. Erlangga. Jakarta.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek*, vol.1. Ciracas. Jakarta.



# LAMPIRAN

