

**PENJADWALAN PROYEK
DENGAN PERT-BETA DISTRIBUTION**

SKRIPSI

Oleh:
M. HANDAYANI
0510950033-95



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

**PENJADWALAN PROYEK
DENGAN PERT-BETA DISTRIBUTION**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Oleh :
M. HANDAYANI
0510950033 - 95



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2009

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
PENJADWALAN PROYEK
DENGAN PERT-BETA DISTRIBUTION

Oleh :
M. HANDAYANI
0510950033 - 95

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 14 Juli 2009
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Henny Pramoedyo, MS
NIP. 130 935 808

Eni Sumarminingsih, SSi, MM
NIP. 132 300 241

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Agus Suryanto, MSc
NIP. 132 126 049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Handayani
NIM : 0510950033-95
Program Studi : Statistika
Menulis skripsi berjudul : **PENJADWALAN PROYEK
DENGAN PERT-BETA
DISTRIBUTION**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar – benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama – nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 14 Juli 2009
Yang menyatakan,

M. Handayani
NIM. 0510950033-95

PENJADWALAN PROYEK DENGAN PERT-BETA DISTRIBUTION

ABSTRAK

Berbagai proyek besar dan kompleks sangat membutuhkan perencanaan waktu yang tepat pada setiap sub-proyek (aktivitas) untuk menghindari kerugian finansial yang ditimbulkan oleh ketidaktepatan waktu pengerjaan. *PERT-Beta Distribution* merupakan salah satu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek dengan memperhatikan waktu tiap aktivitas yang bersifat tidak pasti. *PERT-Beta Distribution* mempertimbangkan waktu tiap aktivitas yang meliputi *optimistic time* (a), *most likely time* (m) dan *pessimistic time* (b) serta dua *shape* parameter α (α) dan β (β) untuk menentukan *mean* dan *variance* waktu setiap aktivitas. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan atau tidak antara *PERT-Beta Distribution* dan *PERT* (tidak mempertimbangkan 2 *shape* parameter) jika dilihat dari estimasi waktu setiap aktivitas maupun keseluruhan proyek. Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa *PERT-Beta Distribution* dan *PERT* memberikan hasil estimasi peluang yang berbeda terhadap waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan dan *PERT-Beta Distribution* lebih akurat dalam hal estimasi waktu akan tetapi metode ini tidak dapat digunakan jika ada salah satu aktivitas yang memiliki nilai estimasi a , m dan b sama.

Kata Kunci: *PERT-Beta Distribution*, *shape parameter*, proyek.

PROJECT SCHEDULING BY PERT-BETA DISTRIBUTION

ABSTRACT

Some greater and complex projects need exact scheduling for each of its sub-projects (activities) to avoid from financial loss due to inappropriate work. PERT-Beta Distribution represents a project management tool used to do scheduling, managing, and coordinating parts of work in the project by considering the uncertain nature of each-activity schedule. PERT-Beta Distribution considers each-activity schedule involving such items as: optimistic time (a), most likely time (m) and pessimistic time (b), and two shape parameters, alpha (α) and beta (β). These parameters seem useful to determine mean and variance of each-activity schedule. Research aims at understanding whether the difference occurs between PERT-Beta Distribution and PERT (without considering 2 shape parameters) if it should be seen from the estimation of each-activity schedule or whole-project schedule. Taking account these results, research may conclude that PERT-Beta Distribution and PERT will provide different chance estimation result against whole-project accomplishment schedule, while PERT-Beta Distribution may be more accurate at schedule estimation. However, this method fails to be used if only one activity exists with similar estimation rate of a , m and b .

Keywords: PERT-Beta Distribution, shape parameter, project.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat yang telah diberikan sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Penjadwalan Proyek Dengan PERT-Beta Distribution**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Statistika. Oleh karena itu penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Henny Pramoedyo, MS., selaku Dosen Pembimbing I atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Eni Sumarminingsih, SSi., MM., selaku Dosen Pembimbing II atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Ir. Heni Kusdarwati, MS., Ibu Suci Astutik, SSi., MSi dan Adji Achmad Rinaldo F. SSi., MSc., selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Dr. Agus Suryanto, MSc., selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Brawijaya Malang.
5. Ayahku tercinta Maejan/Nor Shodiq , Ibuku tercinta Yasmi , Kakakku Suparwan, Muhammad Sudarsono dan Anik Hidayah, Adikku Heri Pujianto dan Kakak Iparku Gunawan serta segenap keluargaku atas doa, cinta dan kasih sayang yang tidak pernah putus.
6. Keluargaku yang di Malang, Bapak Soeprapto, Ibu Sri Soendari, Bapak Anis, Ibu Erni dan Idut yang telah banyak membantu saya untuk tetap bisa bertahan di Malang.
7. Teman-teman Statistika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2005, terutama Dewi Kurniasari yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan informasi.
8. Ervina Maret, Wike Dwi Marina, Christina Lini dan Elisa Nesdyaningtyas yang selalu memberi motivasi saya untuk cepat lulus, cepat kerja dan cepat menikah.
9. Spesial buat 72 Casis Perwira Prajurit Karier Beasiswa TNI 2008 (AD, AL dan AU) dari seluruh Indonesia, yang selalu memberikan motivasi dan dukungan untuk meraih apa yang menjadi impianku.
10. Semua pihak yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung yang tidak bisa penulis utarakan satu per satu.

Namun penulis menyadari tiada kesempurnaan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan selanjutnya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2009

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Proyek.....	3
2.2 <i>Network Analysis</i>	4
2.3 <i>Network Diagram</i>	5
2.3.1 Pengertian <i>Network Diagram</i>	5
2.3.2 Aktivitas <i>Dummy</i>	6
2.3.3 Simbol dalam <i>Network Diagram</i>	7
2.3.4 Logika Ketergantungan dari Aktivitas	8
2.4 Teknik Manajemen Proyek dengan PERT	9
2.5 PERT- <i>Beta Distribution</i>	12
2.6 Analisis Jalur Kritis	15
2.6.1 Perhitungan Maju (<i>forward pass</i>).....	16
2.6.2 Perhitungan Mundur (<i>backward pass</i>)	16
2.6.3 Waktu Mengambang (<i>float</i> atau <i>slack</i>)	17
2.7 <i>Gantt Chart</i>	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data	19
3.2 Metode	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendugaan Parameter Distribusi Beta.....	23
4.2 Estimasi Waktu Aktivitas Setiap Percentile	27
4.2.1 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 1.....	27
4.2.2 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 2.....	29
4.2.3 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 3.....	32
4.3 Perhitungan Jalur Kritis	32
4.3.1 Jalur Kritis Proyek 1.....	32
4.3.2 Jalur Kritis Proyek 2.....	36
4.4 <i>Gantt Chart</i>	39

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41

DAFTAR PUSTAKA	43
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	45
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Simbol Aktivitas	7
Gambar 2.2 Simbol Kejadian.....	7
Gambar 2.3 Simbol Aktivitas <i>Dummy</i>	7
Gambar 2.4 Hubungan Ketergantungan Dua Aktivitas	8
Gambar 2.5 Hubungan Ketergantungan Tiga Aktivitas	8
Gambar 2.6 Hubungan Ketergantungan Empat Aktivitas	8
Gambar 2.7 Hubungan Ketergantungan Mengandung <i>Dummy</i>	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1 Fungsi Kepekatan Peluang (<i>pdf</i>) Data Tidak Simetri	24
Gambar 4.2 Fungsi Kepekatan Peluang (<i>pdf</i>) Data Simetri.....	26
Gambar 4.3 Perbandingan <i>pdf</i> Distribusi Beta dan Distribusi Normal Data Tidak Simetri.....	28
Gambar 4.4 Perbandingan <i>cdf</i> Distribusi Beta dan Distribusi Normal data Tidak Simetri.....	29
Gambar 4.5 Perbandingan <i>pdf</i> Distribusi Beta dan Distribusi Normal Data Simetri.....	31
Gambar 4.6 Perbandingan <i>cdf</i> Distribusi Beta dan Distribusi Normal data Simetri.....	31
Gambar 4.7 <i>Gantt chart</i> Proyek Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa	39
Gambar 4.8 <i>Gantt chart</i> Proyek Pembangunan Bungalow.....	40

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jenis-Jenis Proyek.....	19
Tabel 4.1 Pendugaan Parameter Distribusi Beta	
Masing-Masing Aktivitas Pada Proyek 1	23
Tabel 4.2 Pendugaan Parameter Distribusi Beta	
Masing-Masing Aktivitas Pada Proyek 2.	25
Tabel 4.3 Pendugaan Parameter Distribusi Beta	
Masing-Masing Aktivitas Pada Proyek 3	26
Tabel 4.4 Percentile Distribusi Beta Proyek 1	27
Tabel 4.5 Percentile Distribusi Normal Proyek 1	27
Tabel 4.6 Percentile Distribusi Beta Proyek 2	29
Tabel 4.7 Percentile Distribusi Normal Proyek 2	30
Tabel 4.8 Output Analisis Jalur Kritis Proyek Penyusunan	
Tugas Akhir Mahasiswa.	32
Tabel 4.9 Waktu Penyelesaian dan Variance Proyek 1	33
Tabel 4.10 Waktu Minimum dan Maksimum Setiap Hubungan	
Pada Proyek 1	34
Tabel 4.11 Perbandingan Setiap Percentile Untuk Hubungan	
Simetri Proyek 1	34
Tabel 4.12 Perbandingan Setiap Percentile Untuk Hubungan	
<i>Skewed Right</i> Proyek 1	35
Tabel 4.13 Perbandingan Setiap Percentile Untuk Hubungan	
<i>Skewed Left</i> Proyek 1	35
Tabel 4.14 Output Analisis Jalur Kritis Proyek	
Pembangunan Bungalow	36
Tabel 4.15 Waktu Penyelesaian dan Variance Proyek 2	37
Tabel 4.16 Waktu Minimum dan Maksimum Setiap Hubungan	
Pada Proyek 2	37
Tabel 4.17 Perbandingan Setiap Percentile Untuk Hubungan	
Simetri Proyek 2	37
Tabel 4.18 Perbandingan Setiap Percentile Untuk Hubungan	
<i>Skewed Right</i> Proyek 2	38
Tabel 4.19 Perbandingan Setiap Percentile Untuk Hubungan	
<i>Skewed Left</i> Proyek 2	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Waktu Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa.....	45
Lampiran 2 Data Waktu Proyek Pembangunan Bungalow	46
Lampiran 3 Data Waktu Proyek Pembangunan Perumahan Pesona Cengger Ayam Malang.....	47
Lampiran 4 <i>Network Diagram</i> Proyek 1.....	49
Lampiran 5 <i>Network Diagram</i> Proyek 1.....	50
Lampiran 6 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 1 (Distribusi Beta).....	51
Lampiran 7 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 1 (Distribusi Normal)	52
Lampiran 8 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 2 (Distribusi Beta).....	53
Lampiran 9 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 2 (Distribusi Beta).....	54
Lampiran 10 Masukan untuk Analisis <i>PERT-Beta Distribution</i> ...	55
Lampiran 11 Perhitungan ES dan EF	56
Lampiran 12 Perhitungan LS dan LF	57
Lampiran 13 Perhitungan Jalur Kritis.....	58
Lampiran 14 <i>Gantt Chart</i>	60

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai proyek besar dan kompleks sangat membutuhkan perencanaan waktu yang tepat pada setiap aktivitas (sub-proyek) untuk menghindari kerugian finansial yang ditimbulkan oleh ketidaktepatan waktu pengerjaan. Penundaan pekerjaan menimbulkan biaya tambahan yang cukup besar. Untuk itu perlu dilakukan penyusunan rencana, penjadwalan waktu, pengawasan untuk pengendalian agar proyek dapat terselesaikan dalam waktu yang tepat. Salah satu teknik yang bisa dipakai untuk mengatasi permasalahan perencanaan dan penjadwalan proyek dengan estimasi waktu setiap aktivitas proyek yang bersifat tidak pasti adalah *PERT-Beta Distribution* atau *Program Evaluation and Review Technique - Beta Distribution*.

PERT-Beta Distribution dikembangkan dari metode PERT yang telah ada sebelumnya, di mana metode PERT mengasumsikan fungsi kepekatan peluang dari waktu tiap aktivitas mengikuti distribusi beta namun waktu total untuk keseluruhan proyek diasumsikan mengikuti distribusi normal. Metode PERT tidak mempertimbangkan dua *shape* parameter distribusi beta yaitu α dan β untuk menentukan nilai *mean* dan *variance* tetapi hanya mempertimbangkan dugaan waktu tiap aktivitas yang meliputi *optimistic time* (a), *most likely time* (m) dan *pessimistic time* (b). Metode PERT tidak mampu menjelaskan distribusi beta secara umum, kecuali terdapat hubungan tertentu antara a , m dan b . Sedangkan *PERT-Beta Distribution* mempertimbangkan waktu tiap aktivitas yang meliputi a , m , dan b serta dua *shape* parameter α dan β untuk menentukan *mean* dan *variance*. Total waktu untuk keseluruhan proyek pada *PERT-Beta Distribution* juga diasumsikan mengikuti distribusi beta yang memiliki selang tertutup, berbeda dengan metode PERT yang mengasumsikan berdistribusi normal yang memiliki selang terbuka, di mana pada metode PERT dapat menghasilkan estimasi waktu proyek lebih besar dari waktu maksimal proyek atau memungkinkan estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan keluar dari selang $[a, b]$.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah ada perbedaan antara PERT dan PERT-Beta *Distribution* jika dilihat dari estimasi peluang waktu penyelesaian setiap aktivitas dan estimasi peluang waktu proyek secara keseluruhan ?
2. Apa kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode penjadwalan tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui ada perbedaan antara PERT dan PERT-Beta *Distribution* jika dilihat dari estimasi peluang waktu penyelesaian setiap aktivitas dan estimasi peluang waktu proyek secara keseluruhan.
2. Mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode penjadwalan tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan hanya dibatasi pada waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek meliputi *optimistic time*, *most likely time* dan *pessimistic time*, tetapi tidak memperhatikan hal-hal lain seperti *crash time*, *normal cost* dan *crash cost* proyek.

1.5 Manfaat

Kajian ini akan memberikan manfaat yang besar bagi individu maupun perusahaan yang memerlukan ketepatan perencanaan, penjadwalan dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek. Sehingga masing-masing sub-proyek (aktivitas) dapat diselesaikan tepat waktu dan tidak mengganggu pelaksanaan proyek secara keseluruhan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Proyek

Sebuah proyek didefinisikan sebagai suatu kombinasi aktivitas-aktivitas yang saling berkaitan yang harus dilakukan dalam urutan tertentu sebelum keseluruhan proyek dapat terselesaikan. Aktivitas-aktivitas ini saling berkaitan dalam satu urutan yang logis dalam arti bahwa beberapa aktivitas tidak dapat dimulai sampai aktivitas-aktivitas lainnya terselesaikan.

Tiga tahap manajemen proyek: perencanaan, penjadwalan, dan kontrol (Render dan Heizer,1997).

1. Perencanaan

Proyek merupakan kumpulan sejumlah aktivitas yang saling berhubungan yang diarahkan untuk menghasilkan sesuatu. Manajemen proyek merupakan cara yang efektif dalam menarik orang dan sumber daya yang diperlukan bagi suatu proyek tertentu. Tahap perencanaan dimulai dengan memecahkan proyek ke dalam beberapa aktivitas yang berbeda. Estimasi untuk aktivitas-aktivitas ini lalu ditentukan, dan sebuah *network diagram* dikembangkan dengan masing-masing anak panah mewakili satu aktivitas. Keseluruhan *network diagram* tersebut memberikan representasi grafik dari ketergantungan antara aktivitas-aktivitas dalam proyek tersebut. Pengembangan *network diagram* sebagai suatu tahap perencanaan memiliki keuntungan berupa rincian dari aktivitas-aktivitas yang berbeda dan kemungkinan menyarankan perbaikan sebelum proyek tersebut benar-benar dilaksanakan. Hal yang lebih penting lagi adalah penggunaannya untuk mengembangkan sebuah jadwal untuk proyek tersebut.

2. Penjadwalan

Jadwal proyek menentukan kegiatan proyek secara berurutan. Bahan baku dan tenaga kerja diperlukan pada tiap tahap operasi. Salah satu bagan proyek yang terkenal adalah *Gantt chart* yang ditemukan oleh Henry Gantt. Tujuan akhir dari tahap penjadwalan adalah dikembangkannya sebuah bagan waktu yang memperlihatkan waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan disamping hubungannya dengan aktivitas-aktivitas lain dalam proyek tersebut. Di samping itu jadwal tersebut harus menunjukkan aktivitas-aktivitas kritis (dalam hal waktu) yang memerlukan perhatian khusus jika proyek tersebut

ingin diselesaikan tepat pada waktunya. Untuk aktivitas-aktivitas yang tidak kritis, jadwal tersebut harus menunjukkan jumlah waktu senggang (waktu mengambang) yang dapat dipergunakan secara menguntungkan ketika aktivitas-aktivitas tersebut ditunda atau ketika sumber daya yang ada terbatas ingin dipergunakan secara efisien.

Menurut Siswojo (1981), penjadwalan proyek merupakan pengaturan aktivitas-aktivitas dan urutan waktu dimana tugas-tugas dalam proyek harus digunakan. Keperluan-keperluan akan tenaga manusia dan bahan pada setiap tahap aktivitas dihitung bersama dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masing-masing aktivitas.

3. Pengendalian

Pengendalian proyek meliputi pengawasan atas bahan baku, biaya, kualitas, dan anggaran. Pengendalian juga dimaksudkan untuk perbaikan proyek. Tahap ini juga mencakup penggunaan *network diagram* dan bagan waktu untuk membuat laporan kemajuan secara rutin.

Menurut Simarmata (1982), proyek mempunyai sifat-sifat:

1. Proyek dapat diuraikan atas sub-sub proyek, demikian sub proyek dapat diuraikan lagi atas aktivitas-aktivitas yang dibutuhkan oleh proyek.
2. Proyek memiliki waktu mulai dan waktu selesai tertentu.
3. Masing-masing aktivitas dalam proyek mempunyai waktu pengerjaan tertentu atau paling tidak dapat ditentukan berdasarkan alasan-alasan yang kuat.
4. Dalam suatu saat dapat dilakukan lebih dari satu aktivitas.

2.2. Network Analysis

Network analysis adalah alat untuk mengkoordinasikan berbagai macam aktivitas yang ada dalam suatu proyek yang satu sama lain saling bergantung berdasarkan sumber daya yang digunakan, logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri. *Network analysis* dianggap mampu menyuguhkan teknik dasar dalam penentuan urutan dan durasi waktu aktivitas unsur proyek, dan selanjutnya dapat dipakai untuk memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara menyeluruh. *Network analysis* mampu memberikan informasi mengenai aktivitas-aktivitas dalam *network diagram* proyek yang bersangkutan. Informasi tersebut mengenai sumber daya

yang digunakan oleh aktivitas tertentu dan informasi mengenai jadwal pelaksanaannya (Soeharto, 1999).

Hal pertama yang dilakukan dalam *network analysis* adalah menentukan aktivitas-aktivitas yang terdapat dalam proyek tersebut serta logika ketergantungannya satu sama lain. Dengan mengetahui dua hal tersebut dan menggunakan simbol-simbol, simbol dari aktivitas (*activities*) dan simbol dari kejadian (*event*), maka rencana mendetail yang merupakan *network* (jaringan dari aktivitas dan kejadian) sudah dapat digambarkan. Pada tahap ini, faktor waktu dan *resources* (sumber daya) belum dipertimbangkan, yang dilihat baru aktivitas-aktivitas dan hubungannya satu sama lain (*inter-relationships*).

Menurut Subagyo (1984), untuk bisa melakukan *network analysis*, harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Sebelum suatu aktivitas dimulai, semua aktivitas yang mendahuluinya harus sudah selesai dikerjakan.
2. Gambar anak panah hanya sekedar menunjukkan urutan dalam melaksanakan aktivitas saja.
3. *Node* (lingkaran yang menunjukkan *event*) diberi nomor berbeda, sehingga tidak terdapat *nodes* yang memiliki nomor sama. Untuk menghindari arah anak panah yang berulang kembali, biasanya nomor yang lebih kecil diletakkan pada awal anak panah, sedangkan pada akhir anak panah diberi nomor yang lebih besar.
4. Dua buah *event* (kejadian) hanya bisa dihubungkan oleh satu aktivitas (anak panah).
5. *Network* hanya dimulai dari satu kejadian awal (*initial event*) yang sebelumnya tidak ada pekerjaan yang mendahuluinya dan *network* diakhiri oleh satu kejadian saja (*terminal event*).

2.3 Network Diagram

2.3.1 Pengertian Network Diagram

Network diagram menyatakan logika ketergantungan antar aktivitas (*activities*) dalam proyek dan menyatakan urutan-urutan kejadian (*event*) yang terjadi selama penyelenggaraan proyek. Dengan *network diagram* dapat segera dilihat hubungan suatu aktivitas dengan aktivitas lainnya, sehingga bila suatu aktivitas terlambat maka dengan segera dapat dilihat aktivitas apa saja yang dipengaruhi oleh keterlambatan tersebut dan berapa besar

pengaruhnya. Selain itu, dengan *network diagram* juga dapat diketahui aktivitas-aktivitas mana saja yang kritis atau jalur mana saja yang kritis, sehingga dengan mengetahui tingkat kekritisannya dapat ditetapkan skala prioritas dalam menangani masalah-masalah yang timbul selama penyelenggaraan proyek (Ali, 1996).

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam membuat *network diagram*:

1. Sebuah *network diagram* hanya terdiri dari tiga macam simbol yaitu anak panah untuk melambangkan aktivitas, lingkaran untuk melambangkan kejadian, dan anak panah putus-putus untuk menunjukkan aktivitas semu (*dummy activities*) jika diperlukan. Pada sebuah *network diagram*, satu anak panah hanya melambangkan satu aktivitas.
2. Setiap *network diagram* suatu proyek harus dimulai pada satu kejadian awal dan harus selesai pada satu kejadian akhir.
3. Di dalam sebuah *network diagram* tidak boleh ada satu lintasan yang berputar (*loop*).
4. Jika *network diagram* menjadi terlalu panjang untuk suatu halaman tertentu, maka jaringan ini dapat diputus pada suatu titik dan dimulai lagi di halaman berikutnya. Hubungan antara keduanya dibuat dengan gambar kegiatan yang diputuskan dan menegaskan dengan suatu garis ekstra mengelilingi setiap lingkaran yang saling terputuskan.

2.3.2 Aktivitas Dummy

Menurut Subagyo, dkk. (1984), untuk menyusun suatu *network* kadang-kadang diperlukan "*dummy activities*" atau aktivitas-aktivitas semu dan kejadian-kejadian semu (*dummy event*). Aktivitas semu bukan dianggap sebagai aktivitas, karena tanpa memerlukan waktu, biaya dan fasilitas. Kegunaan dari *dummy activities* antara lain:

1. Untuk menghindari terjadinya dua kejadian (*event* yang digambarkan dengan *nodes*) dihubungkan oleh lebih dari satu aktivitas.
2. Agar suatu *network* dapat dimulai dan diakhiri oleh suatu kejadian, kadang-kadang harus ditambahkan suatu kejadian semu pada awal suatu *network*, satu kejadian semu pada akhir *network*, dan aktivitas-aktivitas semu yang menghubungkan kejadian awal atau kejadian akhir di dalam *network*, apabila *network* dimulai

dan diakhiri oleh beberapa kejadian dan untuk menunjukkan urutan-urutan aktivitas yang tepat.

2.3.3 Simbol dalam *Network Diagram*

Menurut Siagian (1987), simbol-simbol yang digunakan dalam sebuah *network diagram* adalah sebagai berikut:

1. Anak panah (*arrow*)

Anak panah menyatakan kegiatan dengan ketentuan bahwa panjang dan arah panah tidak memiliki arti khusus. Pangkal dan ujung anak panah hanya menunjukkan aktivitas dimulai dan berakhir seperti pada gambar 2.1. Aktivitas harus berlangsung terus dalam jangka waktu tertentu dengan pemakaian sejumlah sumber daya yaitu manusia, alat dan biaya. Pada umumnya aktivitas diberi kode huruf besar A, B dan seterusnya.



Gambar 2.1 Simbol Aktivitas

2. Lingkaran atau *node*

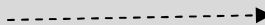
Simbol lingkaran menyatakan suatu kejadian (*event*). Kejadian diartikan awal atau akhir dari satu atau beberapa kegiatan. Umumnya kejadian diberi kode dengan angka 1,2,3 dan seterusnya.



Gambar 2.2 Simbol Kejadian

3. Anak panah terputus-putus

Anak panah terputus-putus menyatakan aktivitas semu (*dummy activities*). *Dummy* menunjukkan adanya perpindahan satu kejadian ke kejadian lain pada saat yang sama. Oleh karena itu *dummy* tidak memerlukan waktu dan tidak menghabiskan sumber daya yang tersedia. Panjang *dummy* tidak mempunyai arti khusus.(Siagian,1987).

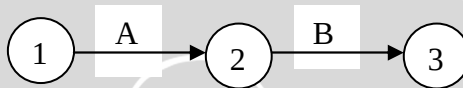


Gambar 2.3 Simbol Aktivitas *Dummy*

2.3.4 Logika Ketergantungan dari Aktivitas-Aktivitas

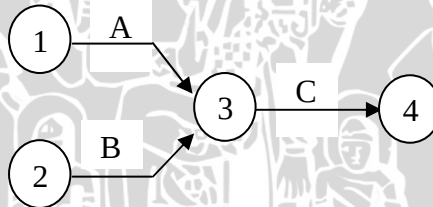
Menurut Siagian (1987), untuk menyatakan saling ketergantungan logika dari kegiatan-kegiatan diperlukan beberapa ketentuan sebagai berikut:

1. Misalkan saja ada dua aktivitas A dan B dan kegiatan B hanya dapat dimulai setelah kegiatan A selesai. Perlu diingat bahwa kejadian (*event*) merupakan awal dan akhir suatu aktivitas (*activities*). Jadi aktivitas B mulai pada kejadian di mana aktivitas A berakhir. Hubungan ini dapat dilihat pada gambar 2.4.



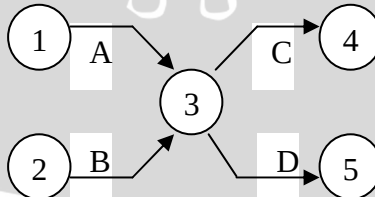
Gambar 2.4 Hubungan Ketergantungan Dua Aktivitas

2. Misalkan ada tiga aktivitas A, B dan C dan aktivitas C hanya bisa dimulai setelah aktivitas A dan B selesai. Kegiatan A dan B boleh berlangsung secara bersama-sama, A dan B berakhir pada kejadian yang sama. Hubungan ini dapat dilihat pada gambar 2.5.



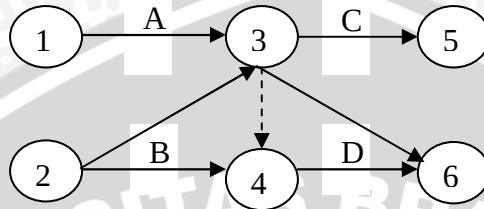
Gambar 2.5 Hubungan Ketergantungan Tiga Aktivitas

3. Misalkan ada empat aktivitas A, B, C dan D. Sedangkan aktivitas C dan D dapat dimulai setelah kegiatan A dan B berakhir, dan selesai pada kejadian yang berbeda. Hubungan ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hubungan Ketergantungan Empat Aktivitas

4. Dua kejadian yang saling bergantung tanpa dihubungkan dengan aktivitas, tapi dihubungkan dengan *dummy*.



Gambar 2.7 Hubungan Ketergantungan Mengandung *Dummy*

5. Bila ada aktivitas yang berbeda tetapi dimulai pada kejadian yang sama dan berakhir pada kejadian yang sama pula, maka aktivitas tersebut tidak boleh dibuat berimpit.
6. Dalam suatu *network diagram* tidak boleh terjadi suatu *loop* atau arus putar.
7. Nomor kejadian terkecil adalah nomor dari kejadian awal dan nomor kejadian terbesar adalah nomor kejadian terakhir.
8. Tiap aktivitas boleh diberi kode selain menggunakan huruf besar yaitu menggunakan kode (i,j) untuk $i < j$. Dimana i menyatakan nomor kejadian awal aktivitas dan j menyatakan nomor kejadian akhir aktivitas.

2.4 Teknik Manajemen Proyek dengan PERT

PERT dikembangkan pada tahun 1950 oleh U.S Navy untuk jadwal penelitian dan pengembangan kegiatan program peluru polaris. PERT sama halnya dengan CPM, yaitu menggunakan *network diagram*, demikian juga pada perhitungannya mengenai aktivitas kritis, lintasan kritis dan *slack*. Pada intinya PERT digunakan untuk membantu para manajer melakukan penjadwalan, melakukan pengawasan dan mengendalikan proyek besar dan kompleks.

Tahap-tahap dalam analisis PERT:

1. Definisikan proyek dan semua aktivitas atau tugas.
2. Buat keterkaitan antara aktivitasnya. Mengetahui aktivitas mana yang harus mendahului dan mana yang harus mengikuti yang lain.
3. Gambar jaringan yang menghubungkan semua aktivitas.

4. Tentukan perkiraan waktu dan atau biaya ke masing-masing aktivitas. PERT menggunakan tiga perkiraan waktu untuk tiap aktivitasnya antara *optimistic time*, *most likely time* dan *pessimistic time*.
5. Hitung jalur waktu paling panjang melalui jaringan itu (jalur kritis)
6. Gunakan jaringan yang terbentuk untuk membantu perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek.

PERT mampu memberikan informasi yang banyak dan akurat terhadap proyek yang sedang dilaksanakan dengan banyak aktivitas yang harus direncanakan, dijadwalkan dan dikendalikan. Berikut adalah beberapa informasi yang mampu didapatkan dari metode PERT:

1. Kapan keseluruhan proyek akan diselesaikan.
2. Aktivitas apa saja yang tidak boleh ditunda pelaksanaannya karena akan mengganggu pelaksanaan proyek secara keseluruhan.
3. Aktivitas apa saja yang boleh ditunda dan tidak mengganggu proyek secara keseluruhan.
4. Peluang suatu proyek dapat terselesaikan dalam waktu tertentu.
5. Pada waktu tertentu, apakah proyek sesuai jadwal, dibelakang jadwal atau mendahului jadwal.

Pencipta PERT dihadapkan dengan persoalan memilih jenis distribusi peluang yang sesuai untuk menggambarkan waktu tiap aktivitasnya, dikehendaki distribusi waktu tiap aktivitas dengan empat karakteristik sebagai berikut:

1. Peluang kecil untuk mencapai *optimistic time* (waktu terpendek) yang diberi simbol a .
2. Peluang kecil untuk mencapai *pessimistic time* (waktu terpanjang) yang diberi symbol b .
3. Hanya satu waktu *most likely time* (waktu yang paling mungkin) yang diberi simbol m . Nilai m besarnya terletak di antara *optimistic time* dan *pessimistic time*.
4. Adanya kemampuan memperkirakan ketidakpastian.

Distribusi beta dipilih karena memiliki keempat sifat tersebut. Setelah ketiga perkiraan waktu dibuat kemudian ketiganya

digabungkan menjadi satu nilai waktu. Perhitungannya dikerjakan secara aljabar.

Menurut Davis (2008), ada beberapa hubungan antara *optimistic time* (a), *most likely time* (m) dan *pessimistic time* (b) sebagai berikut:

1. Simetri

Hubungan ini terjadi jika $m = \frac{a+b}{2}$, artinya perkiraan waktu suatu aktivitas dalam proyek memiliki simpangan yang sama dari waktu yang paling mungkin atau waktu normal.

2. Tidak Simetri

Hubungan ini terjadi jika $m \neq \frac{a+b}{2}$, nilai m bisa mendekati a (*skewed right*) atau sebaliknya yaitu nilai m mendekati b (*skewed left*).

3. Sama

Dalam beberapa kasus nilai $a = m = b$, artinya ada suatu kepastian waktu suatu aktivitas tersebut dapat terselesaikan.

Kisaran yang dinyatakan oleh estimasi *optimistic time* dan *pessimistic time* dipandang harus mencakup setiap estimasi durasi kegiatan yang mungkin. Estimasi *most likely time* (waktu yang paling mungkin) tidak perlu bersesuaian dengan titik tengah $(a+b)/2$ dan dapat terjadi disebelah kiri atau kanan dari titik itu. Karena sifat-sifat ini juga maka dapat diasumsikan bahwa waktu setiap aktivitas mengikuti distribusi beta dengan titik unimodalnya terjadi di m dan titik akhirnya di a dan b .

Pada metode PERT, perhitungan untuk *mean* dan *variance* waktu setiap aktivitas didapatkan dengan mengasumsikan $(a+b)/2$ memiliki bobot setengah dari titik estimasi *most likely time* (m). Jadi *mean* adalah rata-rata aritmatika dari $(a+b)/2$ dan $2m$.

$$PERT \Rightarrow \mu = \frac{\frac{(a+b)}{2} + 2m}{3} = \frac{a+b+4m}{6} \quad (2.1)$$

Sedangkan untuk menentukan nilai *variance*, kisaran untuk *optimistic time* dan *pessimistic time* (a, b) diasumsikan mencakup 6 *standard deviation* dari distribusi normal.

$$PERT \Rightarrow \sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2 = \frac{(b-a)^2}{36} \quad (2.2)$$

Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT menggunakan rentang waktu. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan (aktivitas). Besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b . Pada PERT, parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai simpangan baku.

Nilai σ^2 didapat dengan menjumlahkan *variance* masing-masing aktivitas kritis.

$$\sigma = \sqrt{\sum \sigma_{\text{aktivitas}_\text{kritis}}^2} \quad (2.3)$$

Penentuan aktivitas kritis dan jalur kritis pada PERT akan di bahas pada sub bab 2.6. Sedangkan untuk menentukan peluang waktu penyelesaian proyek pada PERT menggunakan pendekatan distribusi normal dengan fungsi kepekatan peluang (*pdf*) sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right) \quad (2.4)$$

di mana x merupakan target waktu yang ingin dihitung peluang terselesaikannya, sedangkan μ merupakan waktu rata-rata penyelesaian proyek secara keseluruhan hasil perhitungan.

2.5 PERT-Beta Distribution

Metode PERT yang biasa digunakan adalah metode PERT dengan tiga estimasi waktu untuk menentukan nilai *mean* dan *variance*. Meskipun asumsi awal menyatakan bahwa waktu untuk setiap aktivitas mengikuti distribusi beta, namun waktu total untuk keseluruhan proyek diasumsikan mengikuti distribusi normal. Sehingga pada PERT penentuan peluang keseluruhan proyek dapat diselesaikan dalam durasi waktu tertentu juga menggunakan pendekatan distribusi normal.

Sedangkan PERT-Beta Distribution menggunakan input tiga estimasi waktu *optimistic time* (a), *pessimistic time* (b) dan *most likely time* (m) untuk menghitung 2 *shape* parameter distribusi beta

yaitu alpha (α) dan beta (β). Kemudian kedua parameter ini digunakan untuk menduga nilai *mean*, *variance* dan peluang keseluruhan proyek dapat diselesaikan dalam waktu tertentu dengan pendekatan distribusi beta. Jika distribusi beta pada interval $[a, b]$ dengan 2 *shape* parameter alpha (α) dan beta (β), maka nilai *mean* dan *variance* dapat dihitung dari persamaan 2.5 dan 2.6 (Davis, 2008).

$$PERT - Beta \Rightarrow \mu = a + (b - a) \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right) \quad (2.5)$$

$$PERT - Beta \Rightarrow \sigma^2 = \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right) \left(\frac{\beta}{\alpha + \beta} \right) \left(\frac{(b - a)^2}{\alpha + \beta + 1} \right) \quad (2.6)$$

Untuk menentukan nilai 2 *shape* parameter alpha (α) dan beta (β) dari bentuk di atas maka perlu diketahui bahwa:

$$\left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right) = \left(\frac{\mu - a}{b - a} \right)$$

$$\left(\frac{\beta}{\alpha + \beta} \right) = \left(\frac{b - \mu}{b - a} \right)$$

$$\text{Sehingga, } (\alpha + \beta) = \left(\frac{(\mu - a)(\mu - b)}{\sigma^2} \right) - 1$$

Kemudian pisahkan ke dalam dua bagian alpha (α) dan beta (β).

$$\alpha = \left(\frac{\mu - a}{b - a} \right) (\alpha + \beta) \text{ atau}$$

$$\alpha = \left(\frac{\mu - a}{b - a} \right) \left[\left(\frac{(\mu - a)(b - \mu)}{\sigma^2} \right) - 1 \right] \quad (2.7)$$

$$\beta = \left(\frac{b - \mu}{b - a} \right) (\alpha + \beta) = \alpha \left(\frac{b - \mu}{\mu - a} \right) = (\alpha + \beta) - \alpha$$

$$\beta = \left(\frac{b - \mu}{b - a} \right) \left[\left(\frac{(\mu - a)(b - \mu)}{\sigma^2} \right) - 1 \right] \quad (2.8)$$

Misalkan $[a, m, b]$ adalah tiga estimasi waktu untuk suatu aktivitas, dengan *mean* dan *variance* masing-masing adalah seperti pada persamaan (2.1) dan (2.2). Selanjutnya substitusikan persamaan tersebut ke dalam persamaan (2.7) dan (2.8) dan didapatkan hasil sebagai berikut:(Davis,2008)

$$(\alpha + \beta) = 4 + 16 \left(\frac{(m-a)(b-m)}{(b-a)^2} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{b+4m-5a}{6(b-a)} \right) (\alpha + \beta) \text{ atau}$$

$$\alpha = \left(\frac{2(b+4m-5a)}{3(b-a)} \right) \left[1 + 4 \left(\frac{(m-a)(b-m)}{(b-a)^2} \right) \right] \quad (2.9)$$

$$\beta = \left(\frac{5b-4m-a}{6(b-a)} \right) (\alpha + \beta)$$

$$= \left(\frac{5b-4m-a}{b+4m-5a} \right) \alpha = (\alpha + \beta) - \alpha \text{ atau}$$

$$\beta = \left(\frac{2(5b-4m-a)}{3(b-a)} \right) \left[1 + 4 \left(\frac{(m-a)(b-m)}{(b-a)^2} \right) \right] \quad (2.10)$$

Fungsi kepekatan peluang distribusi beta dihitung dengan persamaan berikut:

$$f(x) = \frac{(x-a)^{(\alpha-1)} (b-x)^{(\beta-1)}}{\text{Beta}(\alpha, \beta) (b-a)^{(\alpha+\beta-1)}} \quad (2.11)$$

di mana fungsi beta dihitung dengan fungsi:

$$\text{Beta}(\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha + \beta)} \quad (2.12)$$

Dengan kecondongan (*skewness*) adalah:

$$\text{Skewness} = \frac{2(\beta - \alpha)}{(\alpha + \beta + 2)} \left[\frac{(\alpha + \beta + 1)}{(\alpha\beta)} \right]^{0.5} \quad (2.13)$$

2.6 Analisis Jalur Kritis

Menurut Taha (1996), perhitungan jalur kritis mencakup dua tahap. Tahap pertama disebut perhitungan maju (*forward pass*) dan tahap kedua adalah perhitungan mundur (*backward pass*). Tujuan dari analisis jalur kritis adalah untuk menentukan durasi waktu untuk masing-masing aktivitas yang meliputi:

1. **Durasi (D)**
Durasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing aktivitas. Umumnya dengan satuan hari, minggu, bulan, dan lain-lain.
2. ***Expected duration time* (t)**
Expected duration time adalah kurun waktu yang diharapkan, dimana *expected duration time* dihitung dengan menggunakan rumus mean (μ).
3. ***Earliest Start Time* (ES)**
Earliest Start Time merupakan waktu paling cepat untuk suatu aktivitas bisa mulai. Semua aktivitas yang mendahului harus diselesaikan sebelum suatu aktivitas bisa dimulai.
4. ***Latest Start Time* (LS)**
Latest Start Time merupakan waktu paling lambat bagi aktivitas untuk bisa dimulai tanpa menunda keseluruhan proyek. Semua aktivitas berikut harus diselesaikan tanpa menunda keseluruhan proyek.
5. ***Earliest Finish Time* (EF)**
Earliest Finish Time merupakan waktu penyelesaian aktivitas paling cepat dengan menggunakan waktu normal, tanpa mengganggu kelancaran aktivitas-aktivitas lain.
6. ***Latest Finish Time* (LF)**
Latest Finish Time merupakan waktu penyelesaian aktivitas paling lambat.
7. ***Slack* (S)**
Slack merupakan waktu mundur aktivitas, yang sama dengan selisih antara *Latest Start Time* dan (LS) dan *Earliest Start Time* (LS) atau selisih antara *Latest Finish Time* (LF) dan *Earliest Finish Time* (EF).

2.6.1 Perhitungan Maju (*Forward Pass*)

Menurut Taha (1996), pada *forward pass* perhitungan jalur kritis dimulai dari *node* awal (kecil) ke *node* akhir (besar). Disetiap *node* sebuah angka dihitung yang mewakili waktu tercepat untuk kejadian yang bersangkutan. Pada *forward pass* akan ditentukan *earliest start time* (ES) dan *earliest finish time* (EF).

1. *Earliest Start Time* (ES)

Untuk menentukan nilai ES digunakan rumus:

$$ES_j = \max \{ ES_i + t_{ij} \} \quad (2.14)$$

di mana ES_j = waktu awal tercepat kejadian j

ES_i = waktu awal tercepat kejadian i

t_{ij} = waktu yang diharapkan aktivitas (i,j), dengan $i < j$

2. *Earliest Finish Time* (EF)

Untuk menentukan nilai EF digunakan rumus:

$$EF_{ij} = ES_i + t_{ij} \quad (2.15)$$

di mana: EF_{ij} = waktu selesai tercepat aktivitas (i,j)

ES_i = waktu awal tercepat kejadian i

t_{ij} = waktu yang diharapkan aktivitas (i,j), dengan $i < j$

Pada perhitungan maju, nilai i bergerak dari 1 sampai jumlah node pada *network diagram* dikurangi 1 sedangkan j bergerak dari 2 sampai jumlah node pada *network diagram*.

2.6.2 Perhitungan Mundur (*Backward Pass*)

Menurut Taha (1996), pada *backward pass* perhitungan jalur kritis dimulai dari *node* terakhir (besar) dan bergerak ke *node* awal (kecil). Hasil dari perhitungan *backward pass* merupakan angka-angka yang mewakili waktu terakhir dari kejadian yang bersangkutan.

1. *Latest Finish Time* (LF)

Latest Finish Time dihitung dengan rumus:

$$LF_i = \min \{ LF_j - t_{ij} \} \quad (2.16)$$

di mana: LF_i = waktu selesai paling lambat kejadian i

LF_j = waktu selesai paling lambat kejadian j

t_{ij} = waktu yang diharapkan aktivitas (i,j), dengan $i < j$

2. *Latest Start Time (LS)*

Latest Finish Time dihitung dengan rumus:

$$LS_{ij} = LF_j - t_{ij} \quad (2.17)$$

di mana: LS_{ij} = waktu selesai paling lambat aktivitas (i,j)

LF_j = waktu selesai paling lambat kejadian j

t_{ij} = waktu yang diharapkan aktivitas (i,j), dengan $i < j$

Pada perhitungan mundur, nilai i bergerak dari 1 sampai jumlah node pada *network diagram* dikurangi 1 sedangkan j bergerak dari 2 sampai jumlah node pada *network diagram*.

2.6.3 Waktu Mengambang (*Float* atau *Slack*)

Waktu Mengambang merupakan selisih antara waktu yang diperlukan oleh jalur kritis dengan waktu yang diperlukan oleh jalur lain (tak kritis). Dimana terdapat waktu longgar untuk menyelesaikan kegiatan tak kritis sehingga keterlambatan waktu dalam jalur tak kritis tak mempengaruhi selesainya seluruh proyek. Tetapi harus diperhitungkan berapa lama waktu mengambang yang diperkenankan untuk tiap kegiatan hingga untuk jalur kritis juga tidak mengalami gangguan.

Waktu Mengambang Total atau *Total Float (TF)* didefinisikan sebagai jumlah waktu dimana penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi waktu paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Jalur kritis dalam sebuah *network diagram* adalah jalur yang terdiri dari aktivitas-aktivitas kritis, kejadian-kejadian kritis, dan *dummy*. *Dummy* hanya ada dalam jalur kritis jika diperlukan. Jalur kritis ini dimulai dari kejadian awal pada *network diagram*. Dalam *network diagram* jumlah jalur kritis bisa lebih dari satu bahkan bisa juga semua jalur adalah jalur kritis.

Menurut Ali (1992), tujuan mengetahui jalur kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat aktivitas-aktivitas yang tingkat kepekaannya paling tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan. Sehingga bisa ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggaraan proyek, yaitu terhadap aktivitas-aktivitas yang kritis dan hampir kritis. Jalur kritis merupakan kelompok aktivitas didalam suatu proyek yang memiliki waktu mengambang total (TF) sebesar 0.

$$TF_{ij} = LS_{ij} - ES_i \quad \text{atau}$$

$$TF_{ij} = LF_j - EF_{ij} \quad \text{atau}$$

$$TF_{ij} = LF_j - ES_i - t_{ij} \quad (2.18)$$

di mana: TF_{ij} = *Total Float* aktivitas (i,j)

2.7 Gantt Chart

Gantt chart merupakan visualisasi chart yang digunakan untuk menggambarkan jadwal dari pekerjaan atau proyek. Beberapa hal yang perlu diketahui dari *Gantt chart*: (Davis, 2006).

1. *Gantt chart* secara luas dikenal sebagai alat fundamental dan mudah diterapkan oleh para manajer proyek untuk memungkinkan seseorang melihat dengan mudah waktu dimulai dan selesainya tugas-tugas dan sub- sub tugas dari proyek.
2. Semakin banyak tugas-tugas dalam proyek dan semakin penting urutan antara tugas-tugas maka semakin besar kecenderungan dan keinginan untuk memodifikasi *Gantt chart*.

Beberapa keuntungan menggunakan *Gantt chart* adalah sebagai berikut:

1. Sederhana, mudah dibuat dan dipahami, sehingga sangat bermanfaat sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek.
2. Dapat menggambarkan jadwal suatu kegiatan dan kenyataan kemajuan sesungguhnya pada saat pelaporan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data sekunder. Data tersebut menunjukkan estimasi waktu penyelesaian masing-masing aktivitas dari suatu proyek.

Tabel 3.1 Jenis-Jenis Proyek

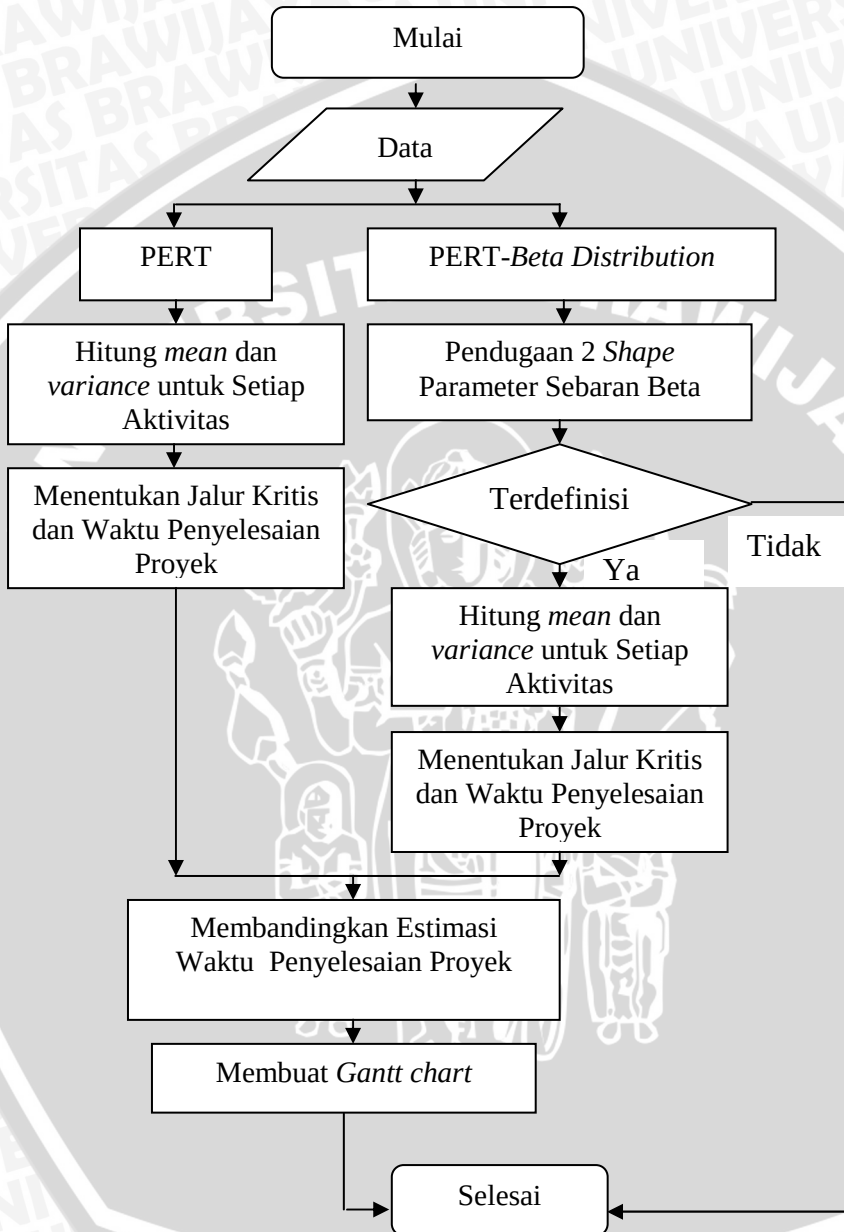
Proyek	Nama Proyek	Sumber	Jenis Hubungan a, m dan b
1	Kegiatan penyusunan skripsi Mahasiswa	Hardiana, 2008	Tidak Simetri
2	Proyek pembangunan Bungalow	Ariningtyas, 2004	Simetri
3	Proyek pembangunan perumahan Pesona Cengger Ayam Malang	Lestary, 2006	Sama

3.2 Metode

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah *PERT-Beta Distribution*. dan seluruh analisis *PERT-Beta Distribution* menggunakan *Microsoft Excel*. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai dua *shape* parameter distribusi beta untuk masing-masing aktivitas yaitu parameter alpha (α) dan beta (β) dengan menggunakan persamaan (2.9) dan (2.10).
2. Menentukan durasi waktu yang diharapkan (*mean*) bagi masing-masing aktivitas dengan persamaan (2.5).
3. Menentukan *variance* untuk masing-masing aktivitas menggunakan persamaan (2.6).
4. Menghitung probabilitas dan menggambar fungsi kepekatan peluang dan fungsi peluang kumulatif untuk masing-masing aktivitas menggunakan persamaan (2.11).
5. Menghitung *Earliest Start Time* (ES) dan menghitung *Earliest Finish Time* (EF) dari setiap aktivitas berdasarkan perhitungan maju dengan menggunakan persamaan (2.14) dan (2.15).

6. Menghitung *Latest Finish Time* (LF) dan menghitung *Latest Start Time* (LS) dari setiap aktivitas berdasarkan perhitungan mundur dengan menggunakan persamaan (2.16) dan (2.17).
7. Menghitung waktu mengambang total atau *Total Float* (TF) menggunakan persamaan (2.18).
8. Menentukan jalur kritis yaitu jalur yang terdiri dari aktivitas-aktivitas kritis.
9. Menentukan waktu minimum dan maksimum proyek untuk setiap hubungan yang mungkin yaitu simetri, *skewned right* dan *skewned left*.
10. Menghitung probabilitas waktu penyelesaian proyek secara menyeluruh dengan pendekatan distribusi normal dan distribusi beta.
11. Membandingkan hasil perhitungan estimasi peluang waktu penyelesaian proyek dengan pendekatan distribusi normal dan distribusi beta. Dimana pendekatan distribusi yang dianggap baik adalah distribusi yang mampu menghasilkan nilai penduga waktu paling mendekati perhitungan sebelumnya (Davis, 2008).
12. Menggambar *Gantt chart*.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendugaan Parameter Distribusi Beta

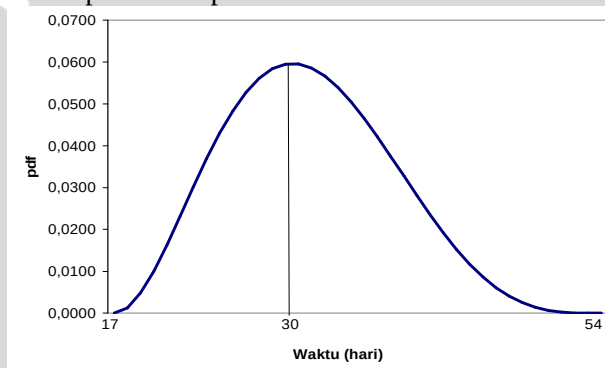
Langkah awal dalam penjadwalan proyek dengan metode PERT-*Beta Distribution* adalah melakukan pendugaan terhadap dua *shape* parameter distribusi beta yaitu alpha (α) dan beta (β). Hasil perhitungan kedua parameter dari masing-masing aktivitas untuk setiap proyek disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pendugaan Parameter Distribusi Beta Untuk Masing-Masing Aktivitas Pada Proyek Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa (Proyek 1)

Aktivitas	Nama Aktivitas	α	β
A	Identifikasi Masalah	3,07	4,58
B	Pemilihan Masalah	3,47	4,40
C	Perumusan Masalah	3,52	4,37
D	Studi Literatur	3,05	4,59
E	Identifikasi Peubah-Peubah	3,45	4,42
F	Klasifikasi Peubah-Peubah	4,21	3,76
G	Pemilihan alat Pengambilan Data	3,15	4,55
H	Penyusunan Rancangan Penelitian	2,94	4,62
I	Penentuan Sampel	3,68	4,27
J	Menulis Pendahuluan	4,38	3,51
K	Menulis Tinjaun Pustaka	4,27	3,68
L	Menulis Metode Penelitian	2,59	4,67
M	Revisi Proposal	2,94	4,62
N	Pengumpulan Data Dari Sampel	3,68	4,27
O	Pengolahan Dan Analisis Data	3,40	4,44
P	Pembahasan/Interpretasi Hasil Analisis	2,37	4,67
Q	Kesimpulan Dan Saran	4,19	3,78
R	Revisi Skripsi Siap Jilid	2,13	4,64
S	Mencetak Skripsi	4,62	2,94

Kegiatan penyusunan tugas akhir mahasiswa terdiri dari 19 aktivitas mulai dari identifikasi masalah hingga mencetak skripsi. Dimana masing-masing aktivitas menghasilkan nilai pendugaan parameter alpha (α) dan beta (β) yang bervariasi. Kasus ini salah satu contoh proyek yang nilai penduga a, b dan m tidak simetri, artinya nilai $m \neq \frac{a+b}{2}$, di mana untuk semua aktivitas $4 < \alpha + \beta < 8$.

Jika $\alpha < \beta$ maka gambar fungsi kepekatan peluang akan menjulur ke kanan (*skewed right*) seperti pada aktivitas identifikasi masalah. Ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Fungsi Kepekatan Peluang (*pdf*) Data Tidak Simetri

Jika $\alpha > \beta$ maka gambar fungsi kepekatan peluang akan menjulur ke kiri (*skewed left*) seperti pada aktivitas klasifikasi peubah-peubah, menulis pendahuluan, menulis tinjauan pustaka, kesimpulan, saran dan kegiatan mencetak skripsi.

Tabel 4.2 Pendugaan Parameter Distribusi Beta Untuk Masing-Masing Aktivitas Pada Proyek Pembangunan Bungalow (Proyek 2)

Aktivitas	Nama Aktivitas	α	β
A	Pengadaan Beton	3,58	4,34
B	Galian Tanah Pondasi	4,00	4,00
C	Pengadaan Batu Bata	4,10	3,89
D	Pengadaan Balok Kayu	3,23	4,52
E	Pengadaan Perlengkapan Sanitair	4,00	4,00
F	Pengadaan Instalasi Listrik	4,00	4,00
G	Pasang Pondasi	4,00	4,00
H	Pasang Dinding Bata	4,00	4,00
I	Fasilitas Drainase	4,00	4,00
J	Rangka Plafond	4,22	3,74
K	Eternit	4,00	4,00
L	Pekerjaan Instalasi Listrik	4,00	4,00
M	Pekerjaan Pasang Kusen, Pintu dan Jendela	4,00	4,00
N	Pekerjaan Plumbing/Pipa	4,00	4,00
O	Pekerjaan Plesteran	4,00	4,00
P	Pekerjaan Cat dan Plituran	4,00	4,00
Q	Pekerjaan Pasang Daun Pintu dan Jendela	4,00	4,00
R	Pekerjaan Sanitair	4,00	4,00
S	Pekerjaan Akhir	4,00	4,00

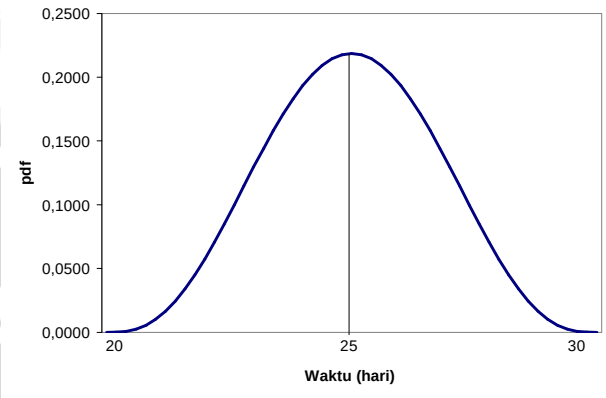
Proyek pembangunan Bungalow terdiri dari 19 aktivitas mulai dari pengadaan beton hingga pekerjaan akhir. Kasus ini salah satu contoh proyek yang sebagian besar nilai penduga a, b dan m adalah

simetri, artinya nilai $m = \frac{a+b}{2}$, misalnya pada kegiatan galian

tanah pondasi, pengadaan perlengkapan sanitair dan lain lain. di mana jika nilai $m = \frac{a+b}{2}$ maka $\alpha = \beta = 4$ sehingga pada kasus

ini nilai $\alpha + \beta = 8$.

Sebagai ilustrasi berikut adalah gambar fungsi kepekatan peluang dari aktivitas galian tanah pondasi.



Gambar 4.2 Fungsi Kepekatan Peluang (*pdf*) Data Simetri

Tabel 4.3 Pendugaan Parameter Distribusi Beta Untuk Masing-Masing Aktivitas Pada Proyek Pembangunan Perumahan Pesona Cengger Ayam Malang (Proyek 3)

Aktivitas	Nama Aktivitas	α	β
....			
B1	Galian Tanah Pondasi	Tidak Terdefinisi	Tidak Terdefinisi
....			
I1	Pasang kloset dan Tempat Sabun	Tidak Terdefinisi	Tidak Terdefinisi
....			
I5	Pasang Instalasi Air Kotor	Tidak Terdefinisi	Tidak Terdefinisi
I7	Membuat Bak Mandi	Tidak Terdefinisi	Tidak Terdefinisi
I8	Pasang Kran dan Chower	Tidak Terdefinisi	Tidak Terdefinisi
I9	Pasang Engsel Pintu	Tidak Terdefinisi	Tidak Terdefinisi
I10	Pasang Slot Jendela dan Pegangan Pintu	Tidak Terdefinisi	Tidak Terdefinisi
....			

Proyek pembangunan perumahan Pesona Cengger Ayam Malang terdiri dari 42 aktivitas mulai dari pekerjaan persiapan hingga pembuatan sumur bor. Kasus ini salah satu contoh proyek yang beberapa nilai penduga a, b dan m adalah sama, misalnya pada kegiatan galian tanah pondasi, pasang kloset dan tempat sabun dan lain lain. di mana jika nilai $a=b=m$ maka pendugaan dua *shape* parameter beta yaitu alpha (α) dan beta (β) tidak dapat dilakukan atau nilai kedua parameter tersebut akan bernilai tak hingga dan analisis tidak dapat dilanjutkan.

4.2 Estimasi Waktu Aktivitas Setiap Percentile

4.2.1 Estimasi Waktu Aktivitas Setiap Percentile Pada Proyek 1

Untuk mengetahui alasan kenapa waktu setiap aktivitas pada suatu proyek diasumsikan mengikuti distribusi beta, maka dibuat suatu perbandingan estimasi waktu aktivitas dengan distribusi normal untuk beberapa percentile. Hasil estimasi waktu beberapa aktivitas untuk setiap percentile proyek 2 ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan 4.5. Untuk hasil lengkapnya lihat Lampiran 6.

Tabel 4.4 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 1 (Distribusi Beta)

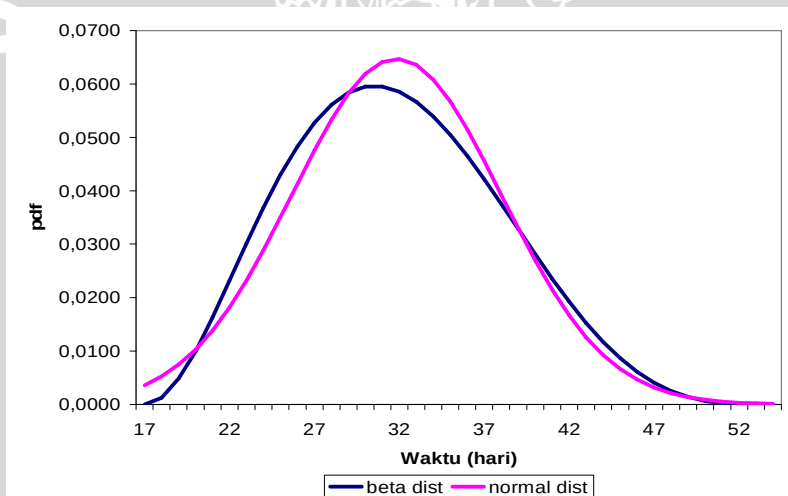
Aktivitas	25%	50%	75%	90%	95%	100%
A	27,19	31,50	36,14	40,25	42,55	53,42
B	24,79	28,82	33,03	36,65	38,64	47,47
C	15,01	18,69	22,51	25,80	27,60	35,52
D	25,77	30,77	36,17	40,96	43,63	56,33
....	...	...	...		...	...
S	2,49	2,86	3,21	3,47	3,60	3,99

Tabel 4.5 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 1 (Distribusi Normal)

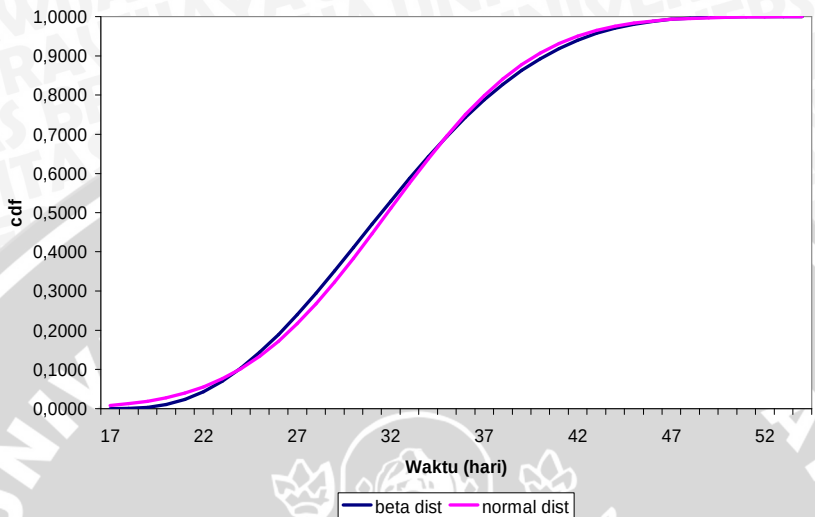
Aktivitas	25%	50%	75%	90%	95%	100%
A	27,67	31,83	35,99	39,74	41,98	63,90
B	25,18	29,00	32,82	36,26	38,32	58,46
C	15,35	18,83	22,32	25,45	27,33	45,70
D	26,33	31,17	36,00	40,35	42,95	68,43
....	...	...	...		...	...
S	2,50	2,83	3,17	3,47	3,66	5,43

Dari Tabel 4.4 dan 4.5 dapat dilihat bahwa pendugaan durasi waktu proyek memberikan hasil yang berbeda untuk setiap percentilnya, pendugaan durasi waktu dengan distribusi beta cenderung lebih baik jika dibandingkan dengan distribusi normal. Sebagai contoh pada aktivitas A untuk percentile 100%, pendugaan dengan distribusi beta menghasilkan durasi waktu 53,42 hari atau mendekati perkiraan awal yaitu 54 hari (lihat Lampiran 1), akan tetapi pendugaan dengan distribusi normal menghasilkan durasi waktu 63,90 hari atau jauh dari perkiraan awal.

Berikut adalah gambar fungsi kepekatan peluang (*pdf*) dan fungsi peluang kumulatif (*cdf*) dari salah satu aktivitas yang hubungan antara a, m dan b adalah tidak simetri, yaitu aktivitas A (identifikasi masalah). Pada Gambar 4.3 dan 4.4 terlihat jelas perbedaan *pdf* dan *cdf* dari distribusi beta dan distribusi normal.



Gambar 4.3 Perbandingan *pdf* Distribusi Beta dan Distribusi Normal Data Tidak Simetri



Gambar 4.4 Perbandingan *cdf* Distribusi Beta dan Distribusi Normal Data Tidak Simetri

4.2.2 Estimasi Waktu Aktivitas Setiap Percentile Pada Proyek 2

Berikut adalah perbandingan estimasi waktu aktivitas dengan pendekatan distribusi beta dan distribusi normal untuk beberapa percentile pada proyek 2. Hasil estimasi waktu beberapa aktivitas ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan 4.7. Untuk hasil lengkapnya lihat Lampiran 7.

Tabel 4.6 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 2 (Distribusi Beta)

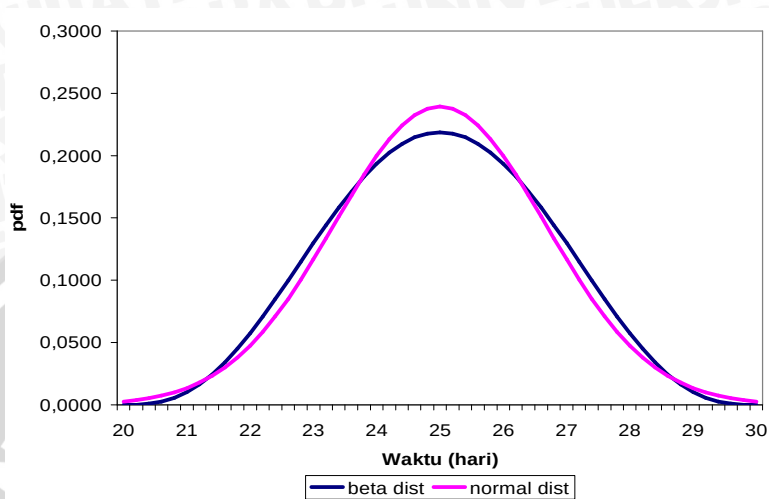
Aktivitas	25%	50%	75%	90%	95%	100%
....	...	...	...	...	...	...
B	23,79	25,00	26,21	27,21	27,75	29,92
....	...	...	...	...	...	
E	105,06	107,00	108,94	110,54	111,39	114,88
....	...	...	...	...	...	...
S	50,82	53,00	55,18	56,99	57,94	61,86

Tabel 4.7 Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 2 (Distribusi Normal)

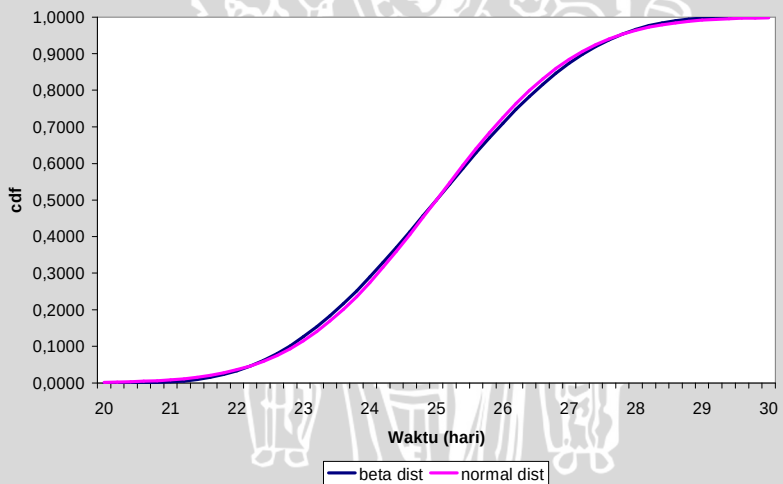
Aktivitas	25%	50%	75%	90%	95%	100%
...	...	...	...	...	...	...
B	23,88	25,00	26,12	27,14	27,74	33,67
....	...	...	...	...	...	...
E	105,20	107	108,80	110,42	111,39	120,86
....	...	...	...	...	...	...
S	50,98	53,00	55,02	56,84	57,93	68,60

Dari Tabel 4.6 dan 4.7 dapat dilihat bahwa untuk kasus nilai a, b dan m yang memiliki hubungan simetri, pendugaan durasi waktu proyek memberikan hasil yang berbeda untuk setiap percentilnya, pendugaan durasi waktu dengan distribusi beta cenderung lebih baik jika dibandingkan dengan distribusi normal. Sebagai contoh pada aktivitas A untuk percentile 100%, pendugaan dengan distribusi beta menghasilkan durasi waktu 29,92 hari atau mendekati perkiraan awal yaitu 30 hari (lihat Lampiran 2), akan tetapi pendugaan dengan distribusi normal menghasilkan durasi waktu 33,67 hari atau jauh dari perkiraan awal.

Gambar 4.5 dan 4.6 merupakan fungsi kepadatan peluang (pdf) dan fungsi peluang kumulatif (cdf) distribusi beta dan distribusi normal dari salah satu aktivitas yang hubungan antara a, m dan b adalah simetri, yaitu aktivitas B (galian tanah pondasi).



Gambar 4.5 Perbandingan pdf Distribusi Beta dan Distribusi Normal Data Simetri



Gambar 4.6 Perbandingan cdf Distribusi Beta dan Distribusi Normal Data Simetri

4.2.3 Estimasi Waktu Aktivitas Setiap percentile Pada Proyek 3

Akibat tidak dapat dilakukan pendugaan terhadap dua *shape* parameter sebaran beta yaitu alpha (α) dan beta (β). Ini berhubungan dengan penyebut pada rumus pendugaannya, dimana pada rumus tersebut mengandung ($b - a = 0$) pada penyebut sehingga nilai dari parameter tersebut menjadi tidak hingga. Maka Metode PERT-Beta *Distribution* tidak dapat diterapkan. Pada Proyek dengan nilai perkiraan waktu aktivitas sama ($a = m = b$) menunjukkan terdapat suatu kepastian waktu penyelesaian aktivitas tersebut. Metode penjadwalan yang cocok untuk proyek 3 adalah metode PERT karena hanya terdapat beberapa aktivitas (tidak semua aktivitas) dalam proyek yang memiliki nilai a, m dan b sama dan ada beberapa aktivitas yang tidak sama. Akan tetapi jika semua aktivitas dalam proyek memiliki nilai a, m dan b sama untuk setiap aktivitasnya maka metode penjadwalan yang cocok digunakan adalah CPM (*Critical Path Method*) yang bersifat deterministik dan bukan probabilistik. Di mana pada metode CPM hanya ada satu penduga waktu untuk tiap aktivitasnya.

4.3 Perhitungan Jalur Kritis

4.3.1 Jalur Kritis Proyek 1

Output *Microsoft Excel* analisis aktivitas kritis dan jalur kritis metode penjadwalan PERT dan PERT-Beta *Distribution* pada proyek penyusunan tugas akhir mahasiswa ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Output Analisis Jalur Kritis Proyek Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa.

	μ	ES	EF	LS	LF	Total Slack	Jalur Kritis	Variance Aktivitas Kritis
A	31,83	0,00	31,83	0,00	31,83	0,00	Ya	38,03
B	29,00	31,83	60,83	31,83	60,83	0,00	Ya	32,11
C	18,83	60,83	79,67	60,83	79,67	0,00	Ya	26,69
D	31,17	79,67	110,83	79,67	110,83	0,00	Ya	51,36
E	15,83	110,83	126,67	110,83	126,67	0,00	Ya	20,25
F	15,67	126,67	142,33	126,67	142,33	0,00	Ya	16,00

Tabel 4.8 (Lanjutan)

G	7,50	142,33	149,83	142,33	149,83	0,00	Ya	3,36
H	14,83	149,83	164,67	149,83	164,67	0,00	Ya	6,25
I	6,17	164,67	170,83	164,67	170,83	0,00	Ya	2,25
J	8,67	110,83	119,50	153,50	162,17	42,67	Tidak	
K	12,67	110,83	123,50	149,50	162,17	38,67	Tidak	
L	6,50	123,50	130,00	162,17	168,67	38,67	Tidak	
M	2,17	130,00	132,17	168,67	170,83	38,67	Tidak	
N	9,17	170,83	180,00	170,83	180,00	0,00	Ya	2,25
O	15,67	180,00	195,67	180,00	195,67	0,00	Ya	11,11
P	25,50	195,67	221,17	195,67	221,17	0,00	Ya	84,03
Q	12,83	221,17	234,00	221,17	234,00	0,00	Ya	4,69
R	7,83	234,00	241,83	234,00	241,83	0,00	Ya	2,25
S	2,83	241,83	244,67	241,83	244,67	0,00	Ya	0,25

Dari output Tabel 4.8 dapat dilihat pada kegiatan penyusunan tugas akhir mahasiswa terdapat 4 kegiatan atau aktivitas yang tidak kritis, yang berarti bahwa keempat kegiatan tersebut pengerjaannya dapat di undur untuk beberapa waktu yaitu aktivitas J,K,L dan M. Selain itu dari output juga didapatkan nilai waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan dan variance waktu proyek adalah seperti pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rata-Rata dan Variance Waktu Penyelesaian Proyek 1

Rata-Rata Waktu Penyelesaian (hari)	244,67
Variance Proyek	300,89
Standard Deviation	17,35

Rata-rata Waktu penyelesaian proyek 244,67 hari menunjukkan sebagian besar proyek yang jenis dan waktu kegiatannya seperti di atas adalah 244,67 hari. Tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa waktu sebenarnya yang dibutuhkan lebih singkat atau bahkan lebih

lama dari waktu prediksi ini. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pendugaan waktu minimum dan maksimum dari proyek tersebut.

Pendugaan terhadap waktu minimum dan maksimum proyek dapat menggunakan tiga jenis hubungan yang mungkin yaitu simetri, *skewed right* dan *skewed left*. Pada hubungan simetri nilai 2 *shape* parameter distribusi beta yaitu α dan β adalah sama. Dimana pada hubungan simetri berlaku $\alpha + \beta = 8$ atau $\alpha = \beta = 4$. Dari nilai α dan β tersebut akan bisa dicari waktu minimum dan maksimum proyek dengan memasukkan kedua nilai tersebut kedalam persamaan (2.7) dan (2.8). Sehingga didapatkan dua persamaan dengan dua variabel bebas. Dimana kedua variabel bebas tersebut masing-masing adalah a dan b yang selanjutnya bertindak sebagai waktu minimum dan maksimum proyek. Sedangkan m bertindak sebagai rata-rata waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Hubungan *skewed right* dan *skewed left* dihitung seperti pada perhitungan hubungan simetri, yang membedakan hanyalah pada nilai α dan β . Dimana pada kedua hubungan ini nilai $4 < \alpha + \beta < 8$ dan $\alpha \neq \beta$. Misalkan untuk proyek ini diambil nilai $\alpha = 3$ dan $\beta = 4$ untuk *skewed right* dan nilai $\alpha = 4$ dan $\beta = 3$ untuk *skewed left*. Penentuan nilai kedua parameter ini berdasarkan keadaan nyata di lapangan dengan melihat peluang apakah waktu penyelesaian proyek cenderung lebih lama atau lebih singkat dari waktu yang telah ditentukan.

Hasil perhitungan untuk masing-masing hubungan disajikan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Waktu Minimum dan Maksimum Setiap Hubungan Pada Proyek 1

Keterangan	α	β	Waktu Minimum	Waktu Maksimum
Simetri	4	4	192,63	296,71
<i>Skewed right</i>	3	4	202,18	301,32
<i>Skewed left</i>	4	3	188,02	287,16

Selanjutnya akan dilakukan perbandingan pendugaan waktu proyek dengan distribusi normal dan distribusi untuk beberapa

percentile. Perbandingan ini meliputi tiga hubungan yaitu simetri, *skewed right* dan *skewed left*.

Tabel 4.11 Perbandingan Estimasi Waktu Penyelesaian Proyek 1
(Hubungan Simetri)

Distribusi Beta (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
232,06	244,67	257,28	267,71	273,26	295,90
Distribusi Normal (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
232,97	244,67	256,37	266,90	273,20	334,86

Tabel 4.12 Perbandingan Estimasi Waktu Penyelesaian Proyek 1
(Hubungan *Skewed Right*)

Distribusi Beta (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
234,81	246,61	258,83	269,27	274,96	300,55
Distribusi Normal (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
235,89	247,03	258,17	268,21	274,21	332,94

Tabel 4.13 Perbandingan Estimasi Waktu Penyelesaian Proyek 1
(Hubungan *Skewed Left*)

Distribusi Beta (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
230,51	242,73	254,53	263,95	268,81	286,77
Distribusi Normal (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
231,17	242,31	253,45	263,49	269,49	328,22

Dari ketiga hubungan di atas dapat diketahui bahwa distribusi beta lebih baik jika digunakan untuk melakukan pendugaan waktu penyelesaian suatu proyek secara keseluruhan. Pada pendugaan waktu dengan distribusi beta tidak mungkin keluar dari batas maksimum waktu penyelesaian proyek, atau dengan kata lain pada percentile mendekati 100% akan didapatkan nilai penduga waktu

yang hampir sama dengan waktu maksimum proyek. Selain itu dapat juga dilihat bahwa pada percentile 50% distribusi beta juga memberikan pendugaan waktu yang lebih mendekati nilai 244,67 hari. Di mana nilai ini adalah nilai rata-rata waktu proyek tersebut akan terselesaikan.

4.3.2 Jalur Kritis Proyek 2

Output *Microsoft Excel* analisis aktivitas kritis dan jalur kritis metode penjadwalan PERT dan PERT-Beta *Distribution* pada proyek pembangunan Bungalow ditampilkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Output Analisis Jalur Kritis Proyek Pembangunan Bungalow

	μ	ES	EF	LS	LF	Total Slack	Jalur Kritis	Variance Aktivitas Kritis
A	23,33	0,00	23,33	95,50	118,83	95,50	Tidak	
B	25,00	0,00	25,00	93,83	118,83	93,83	Tidak	
C	132,83	0,00	132,83	0,00	132,83	0,00	Ya	17,36
D	66,67	0,00	66,67	107,17	173,83	107,17	Tidak	
E	107,00	0,00	107,00	104,67	211,67	104,67	Tidak	
F	66,00	0,00	66,00	144,67	210,67	144,67	Tidak	
G	14,00	25,00	39,00	118,83	132,83	93,83	Tidak	
H	41,00	132,83	173,83	132,83	173,83	0,00	Ya	5,44
I	15,00	132,83	147,83	196,67	211,67	63,83	Tidak	
J	14,83	173,83	188,67	173,83	188,67	0,00	Ya	3,36
K	22,00	188,67	210,67	188,67	210,67	0,00	Ya	2,78
L	29,00	210,67	239,67	210,67	239,67	0,00	Ya	2,78
M	14,00	188,67	202,67	225,67	239,67	37,00	Tidak	
N	28,00	188,67	216,67	211,67	239,67	23,00	Tidak	
O	34,00	239,67	273,67	239,67	273,67	0,00	Ya	4,00
P	33,00	273,67	306,67	273,67	306,67	0,00	Ya	5,44
Q	9,00	306,67	315,67	306,67	315,67	0,00	Ya	1,78
R	7,00	273,67	280,67	308,67	315,67	35,00	Tidak	
S	53,00	315,67	368,67	315,67	368,67	0,00	Ya	9,00

Seperti pada kasus sebelumnya, dari output di atas dapat dilihat pada proyek pembangunan Bungalow terdapat 10 kegiatan atau aktivitas yang tidak kritis, yang berarti bahwa keempat kegiatan tersebut pengerjaannya dapat di undur untuk beberapa waktu yaitu aktivitas A,B,D,E,F,G,I,M,N, dan R. Selain itu dari output di atas juga didapatkan nilai waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan dan variance waktu proyek adalah sebagai berikut:

Tabel 4.15 Rata-Rata dan Variance Waktu Penyelesaian Proyek 2

Rata-Rata Waktu Penyelesaian (hari)	368,67
Variance Proyek	51,94
Standard Deviation	7,21

Pada kasus yang hampir sebagian besar aktivitas (sub proyek) nilai a, m dan b sama, perhitungan nilai waktu minimum dan maksimum proyek dilakukan dengan cara yang sama pada kasus proyek penyusunan tugas akhir Mahasiswa.

Hasil perhitungan untuk masing-masing hubungan yaitu yaitu simetri, *skewed right* dan *skewed left* disajikan dalam Tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.16 Waktu Minimum dan Maksimum Setiap Hubungan Pada Proyek 2

Keterangan	α	β	Waktu Minimum	Waktu Maksimum
Simetri	4	4	347,04	390,30
<i>Skewed right</i>	3	4	351,02	392,21
<i>Skewed left</i>	4	3	345,13	386,32

Tabel 4.17 Perbandingan Estimasi Waktu Penyelesaian Proyek 2 (Hubungan Simetri)

Distribusi Beta (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
363,43	368,67	373,91	378,25	380,55	389,96
Distribusi Normal (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
363,81	368,67	373,53	377,91	380,53	406,16

Tabel 4.18 Perbandingan Estimasi Waktu Penyelesaian Proyek 2
(Hubungan *Skewed Right*)

Distribusi Beta (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
364,58	369,48	374,55	378,89	381,26	391,89
Distribusi Normal (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
365,02	369,65	374,28	378,45	380,94	405,35

Tabel 4.19 Perbandingan Estimasi Waktu Penyelesaian Proyek 2
(Hubungan *Skewed Left*)

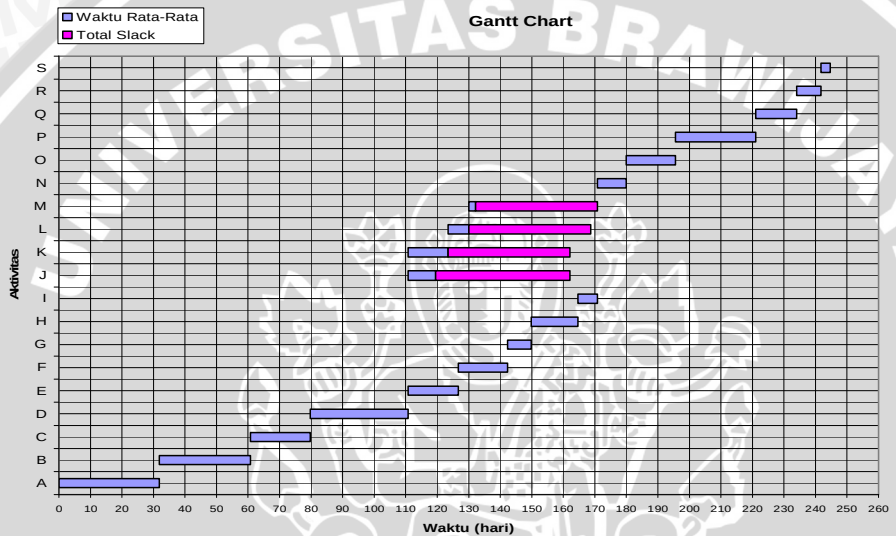
Distribusi Beta (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
362,79	367,86	372,76	376,68	378,70	386,16
Distribusi Normal (Percentile)					
25%	50%	75%	90%	95%	100%
363,06	367,69	372,32	376,49	378,98	403,38

Dari ketiga hubungan yaitu simetri, *skewed right* dan *skewed left* dapat diketahui juga bahwa distribusi beta juga lebih baik jika digunakan untuk melakukan pendugaan waktu penyelesaian suatu proyek. Inilah yang menjadi keunggulan dari *PERT-Beta Distribution*, dimana pendekatan yang digunakan untuk menghitung peluang waktu suatu proyek dapat terselesaikan dalam waktu tertentu adalah distribusi beta, maupun kebalikannya yaitu menghitung waktu proyek akan terselesaikan sekian persen. Pada percentile mendekati 100% akan didapatkan nilai penduga waktu yang hampir sama dengan waktu maksimum proyek. Selain itu dapat juga dilihat bahwa pada percentile 50% distribusi beta juga memberikan pendugaan waktu yang lebih mendekati nilai 368,67 hari (rata-rata waktu penyelesaian proyek).

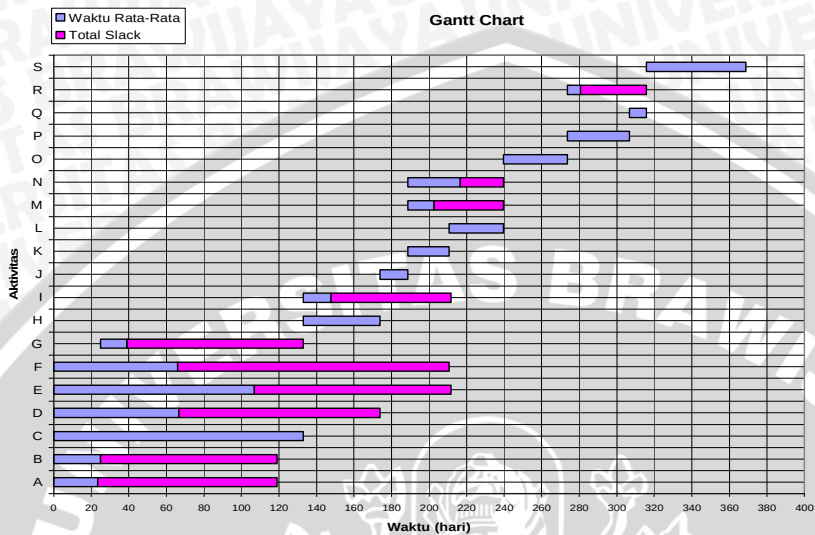
Dari kajian terhadap kedua jenis proyek tersebut dihasilkan suatu keputusan yang sama, yaitu pendekatan distribusi beta pada metode *PERT-Beta Distribution* memberikan hasil yang lebih baik dalam hal estimasi peluang waktu penyelesaian setiap aktivitas dan estimasi peluang waktu proyek secara keseluruhan dan lebih informatif.

4.4 Gantt Chart

Gantt chart untuk metode penjadwalan PERT maupun *PERT-Beta Distribution* adalah sama, karena yang membedakan terletak pada pendekatan distribusi yang digunakan (probabilistik) dalam menghitung peluang setiap aktivitas akan terselesaikan dalam waktu tertentu dan peluang proyek secara keseluruhan dapat terselesaikan.



Gambar 4.7 *Gantt Chart* Proyek Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa (Proyek 1)



Gambar 4.8 Gantt Chart Proyek Pembangunan Bungalow (Proyek 2)

Gantt chart pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 tersusun dalam kombinasi dua warna untuk masing-masing aktivitas yaitu hitam dan merah. Warna hitam menunjukkan waktu suatu aktivitas dapat terselesaikan, nilai *mean* (rata-rata) waktu untuk setiap aktivitas terletak di tengah-tengah garis hitam untuk semua aktivitas. Sedangkan warna merah menunjukkan *slack* atau *float*, panjang warna merah menunjukkan waktu suatu aktivitas tersebut dapat ditunda pelaksanaannya tanpa mengganggu aktivitas yang lain. Jika untuk aktivitas tertentu tidak terdapat warna merah artinya nilai *slack* atau *float* adalah 0 (aktivitas kritis).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

3. Metode penjadwalan dengan PERT dan *PERT-Beta Distribution* memberikan hasil yang berbeda jika dilihat dari estimasi peluang waktu penyelesaian setiap aktivitas dan estimasi peluang waktu proyek secara keseluruhan, di mana *PERT-Beta Distribution* lebih akurat jika digunakan untuk estimasi waktu masing-masing aktivitas maupun estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan jika dibandingkan dengan metode PERT. Akan tetapi kedua metode tersebut memberikan hasil yang sama jika dilihat dari penentuan aktivitas kritis, jalur kritis dan *Gantt chart*.
4. Metode *PERT-Beta Distribution* mampu mewakili atau menggambarkan hubungan yang mungkin dari *optimistic time* (a), *most likely time* (m) dan *pessimistic time* (b) yaitu simetri, *skewed right* dan *skewed left* tetapi metode ini memiliki kelemahan, yaitu metode *PERT-Beta Distribution* tidak dapat digunakan jika ada salah satu aktivitas (sub-proyek) yang memiliki tiga estimasi waktu awal a , m dan b yang sama. Sedangkan kelebihan dari metode PERT adalah lebih mudah dalam analisis dan dapat diterapkan pada semua jenis kombinasi data tiga estimasi waktu.

5.2 Saran

Jika tujuan penjadwalan proyek hanya ingin mengetahui aktivitas kritis dan jalur kritis saja sebaiknya digunakan metode PERT biasa karena lebih mudah. Tetapi jika tujuan penelitian lebih cenderung pada estimasi peluang waktu setiap aktivitas maupun waktu proyek secara keseluruhan sebaiknya digunakan *PERT-Beta Distribution*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Ali, T.H. 1996. *Prinsip-Prinsip Network Planning*. Gramedia. Jakarta.
- Ariningtyas, D.T. 2004. *Perbandingan antara Model PERT dan Jaringan Kerja Fuzzy untuk Menentukan Lintasan Kritis*. Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Tidak dipublikasikan.
- Davis,R.E. 2006. *A Spreadsheet CPM Implementation for PERT simulation*. <http://www.mathproservices.com/CPM-PERT/cpmspread.html>, tanggal akses:1 Agustus 2008.
- Davis,R.E. 2007. *CPM / PERT Spreadsheet Implementation*. <http://www.mathproservices.com/cpmmenu.html>, tanggal akses:1 Agustus 2008.
- Davis, R.E. 2008. *Teaching Project Simulation in Excel Using PERT-Beta Distributions*.San Jose California.
- Hardiana. 2008. *Kajian analisis PERT dan CPM dalam Penjadwalan Lama Penyelesaian Tugas Akhir Mahasiswa*. Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Tidak dipublikasikan.
- Lestary, Y.S. 2006. *Analisa Waktu dengan Menggunakan CPM dan PERT pada Proyek Perumahan Pesona Cengger Ayan Malang*. Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Tidak dipublikasikan.
- Render, B. dan J. Heizer. 1997. *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Salemba Empat. Jakarta
- Seal, K.C. 2001. *A Generalizad PERT/CPM Implementation in A Spreadsheet*.Los Angles
- Siagian, P. 1987. *Penelitian Operational Teori dan Praktek*. Cetakan 1. Universitas Indonesia. Jakarta.

Simarmata, A. 1982. *Operations Research: Sebuah Pengantar Teknik-Teknik Optimasi Kuantitatif dari Sistem-Sistem Operasional*. Gramedia. Jakarta.

Siswojo. 1981. *Pokok-Pokok Project Manajemen PERT dan CPM*. Erlangga. Jakarta.

Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional jilid 1 dan 2*. Erlangga. Jakarta.

Subagyo, P. 1984. *Dasar-Dasar Operations Research*. BPFE. Yogyakarta.

Taha, H.A. 1996. *Riset Operasi: Suatu Pengantar*, Terjemahan Daniel Wirajaya. Binarupa Aksara. Jakarta.



Lampiran 1. Data Waktu Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa

Aktivitas	Nama Aktivitas	Pendahulu Langsung	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
A	Identifikasi Masalah		17	30	54
B	Pemilihan Masalah	A	14	28	48
C	Perumusan Masalah	B	5	18	36
D	Studi Literatur	C	14	29	57
E	Identifikasi Peubah- Peubah	D	4	15	31
F	Klasifikasi Peubah- Peubah	E	3	16	27
G	Pemilihan alat Pengambilan Data	F	3	7	14
H	Penyusunan Rancangan Penelitian	G	9	14	24
I	Penentuan Sampel	G,H	2	6	11
J	Menulis Pendahuluan	D	2	9	14
K	Menulis Tinjauan Pustaka	D	3	13	21
L	Menulis Metode Penelitian	J,K	4	6	11
M	Revisi Proposal	L	1	2	4
N	Pengumpulan Data Dari Sampel	I,M	5	9	14
O	Pengolahan Dan Analisis Data	N	7	15	27
P	Pembahasan/Interpretasi Hasil Analisis	O	7	21	62
Q	Kesimpulan Dan Saran	P	6	13	19
R	Revisi Skripsi Siap Jilid	Q	5	7	14
S	Mencetak Skripsi	R	1	3	4

Lampiran 2. Data Waktu Proyek Pembangunan Bungalow

Aktivitas	Nama Aktivitas	Pendahulu Langsung	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
A	Pengadaan Beton		17	23	31
B	Galian Tanah Pondasi		20	25	30
C	Pengadaan Batu Bata		120	133	145
D	Pengadaan Balok Kayu		60	66	76
E	Pengadaan Perlengkapan Sanitair		99	107	115
F	Pengadaan Instalasi Listrik		61	66	71
G	Pasang Pondasi	A,B	10	14	18
H	Pasang Dinding Bata	C,G	34	41	48
I	Fasilitas Drainase	C,G	10	15	20
J	Rangka Plafond	D,H	9	15	20
K	Eternit	J	17	22	27
L	Pekerjaan Instalasi Listrik	F,K	24	29	34
M	Pekerjaan Pasang Kusen, Pintu dan Jendela	J	10	14	18
N	Pekerjaan Plumbing/Pipa	E,I,J	23	28	33
O	Pekerjaan Plesteran	L,M,N	28	34	40
P	Pekerjaan Cat dan Plituran	O	26	33	40
Q	Pekerjaan Pasang Daun Pintu dan Jendela	P	5	9	13
R	Pekerjaan Sanitair	O	5	7	9
S	Pekerjaan Akhir	Q,R	44	53	62

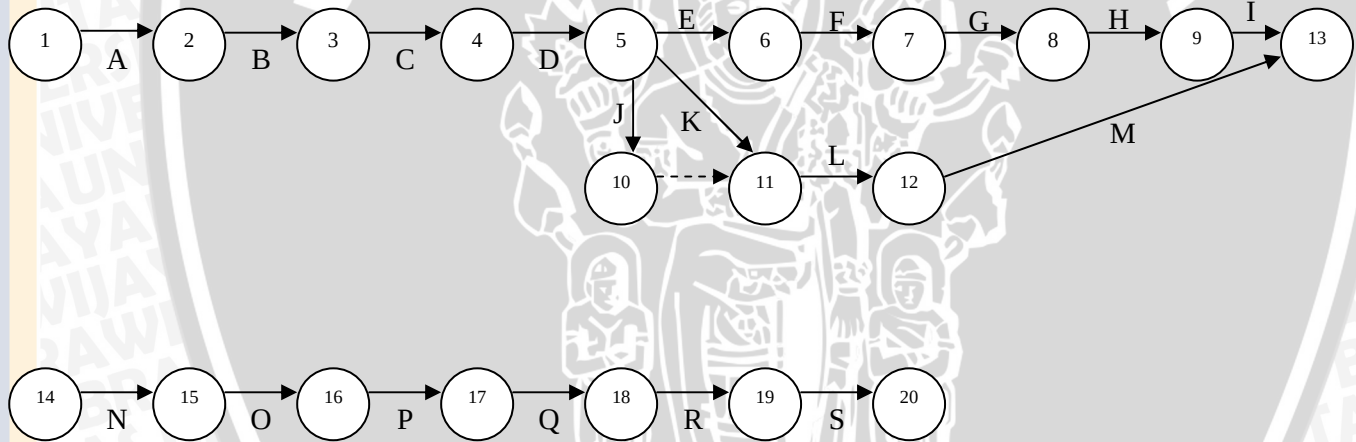
Lampiran 3. Data Waktu Proyek Pembangunan Perumahan Pesona Cengger Ayam Malang

Aktivitas	Nama Aktivitas	Pendahulu Langsung	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
A	Pekerjaan Persiapan		4	5	5
B1	Galian Tanah Pondasi	A	3	3	3
B2	Urugan Tanah	C1	2	3	3
C1	Pasang Pondasi Batu Kali	B1	2	3	4
C2	Pasang Batu Bata	F2,F6	9	12	17
C3	Pasang Dinding Keramik 20x20	E3,I1,I2	3	4	6
C4	Pasang Lantai Keramik 40x40	E4,F1	6	8	12
C5	Pasang Batu Candi	E3	3	4	7
C6	Pasang Batu Palimanan	E3	8	10	15
C7	Pasang Keramik Hias	E3	2	2	4
E1	Plesteran Dinding	G1,I6	20	24	30
E2	Steager Betch	C2,F3	10	12	15
E3	Acian Dinding	E1	16	18	24
E4	Acian Beton	E2	2	3	5
E5	Benangan Siku/Tali Air	E1	15	18	23
E6	Benangan Duk Kusen	E5,G1	1	1	2
F1	Cor Rabat	C2,F3	2	2	3
F2	Cor Slop dan Pondasi	B2	2	3	5
F3	Cor Kolom Struktur	F2,F6	5	6	8
F4	Cor Balok	G7	5	6	7
F5	Cor Atap	G7	4	6	10
F6	Cor Plat dan Begesting	B2	10	12	14
G1	Pasang Kusen	C2,F3	3	4	5
G2	Pasang Pintu Panil Kayu jati	C4,E6,G1	1	2	2
G3	Pasang Pintu Teakwood	C4,E6,G1	1	2	2
G4	Pasang Daun Jendela	C4,E6,G1	2	3	3
G5	Pasang Rangka Plafon	F4,F5	2	4	5
G6	Pasang Gypsum	G5	1	2	3

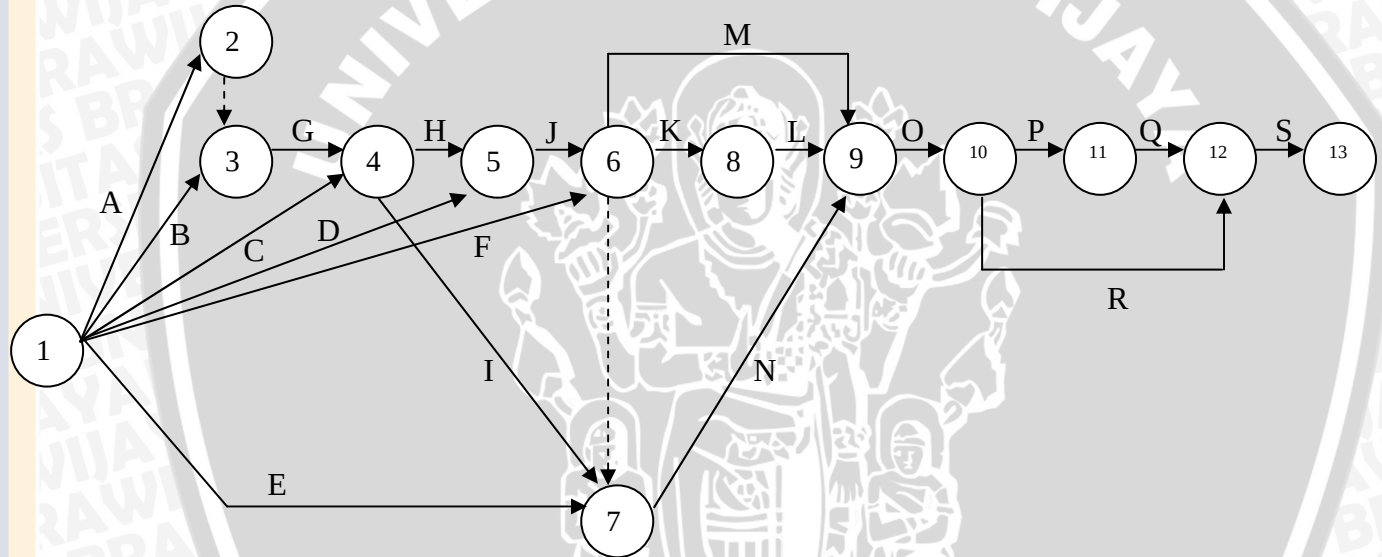
Lampiran 3. (Lanjutan)

G7	Pasang Kompres Dinding	E1	9	12	14
H1	Mengecat Dinding	C5,C6,C7	15	18	25
H2	Mengecat Kayu	G2,G3,G4,I9	15	18	23
I1	Pasang kloset dan Tempat Sabun	I7	1	1	1
I2	Membuat Meja Dapur dan Wash Bak	E1	2	2	3
I3	Membuat Septictank dan Peresapan	B1	4	5	7
I4	Pasang Instalasi Air Bersih	C1	1	1	2
I5	Pasang Instalasi Air Kotor	C1	2	2	2
I6	Pasang Instalasi Listrik	C2,F3,I3,I4,I5,I11	2	2	3
I7	Membuat Bak Mandi	E1	1	1	1
I8	Pasang Kran dan Chowor	C3	1	1	1
I9	Pasang Engsel Pintu	C4,G1	1	1	1
I10	Pasang Slot Jendela dan Pegangan Pintu	G2,G3,G4,I9	1	1	1
I11	Pembuatan Sumur Bor	B1	6	8	12

Lampiran 4. *Network Diagram* Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa (Proyek 1)



Lampiran 5. *Network Diagram* Proyek Pembangunan Bungalow (Proyek 2)



Lampiran 6. Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 1 (Distribusi Beta)

	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>	25%	50%	75%	90%	95%	100%
A	17	30	54	27.19	31.50	36.14	40.25	42.55	53.42
B	14	28	48	24.79	28.82	33.03	36.65	38.64	47.47
C	5	18	36	15.01	18.69	22.51	25.80	27.60	35.52
D	14	29	57	25.77	30.77	36.17	40.96	43.63	56.33
E	4	15	31	12.49	15.69	19.03	21.91	23.50	30.58
F	3	16	27	12.79	15.73	18.60	20.94	22.16	26.91
G	3	7	14	6.12	7.41	8.79	10.00	10.67	13.83
H	9	14	24	12.94	14.68	16.57	18.26	19.21	23.77
I	2	6	11	5.06	6.14	7.24	8.18	8.69	10.93
J	2	9	14	7.24	8.73	10.15	11.28	11.86	13.95
K	3	13	21	10.52	12.73	14.88	16.61	17.51	20.93
L	4	6	11	5.61	6.40	7.30	8.11	8.58	10.89
M	1	2	4	1.79	2.14	2.51	2.85	3.04	3.95
N	5	9	14	8.06	9.14	10.24	11.18	11.69	13.93
O	7	15	27	13.19	15.55	18.03	20.18	21.36	26.69
P	7	21	62	18.43	24.61	31.70	38.26	42.02	61.14
Q	6	13	19	11.27	12.86	14.42	15.69	16.35	18.90
R	5	7	14	6.67	7.66	8.83	9.94	10.57	13.86
S	1	3	4	2.49	2.86	3.21	3.47	3.60	3.99

Lampiran 7. Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 1 (Normal)

	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>	25%	50%	75%	90%	95%	100%
A	17	30	54	27.67	31.83	35.99	39.74	41.98	63.90
B	14	28	48	25.18	29.00	32.82	36.26	38.32	58.46
C	5	18	36	15.35	18.83	22.32	25.45	27.33	45.70
D	14	29	57	26.33	31.17	36.00	40.35	42.95	68.43
E	4	15	31	12.80	15.83	18.87	21.60	23.24	39.23
F	3	16	27	12.97	15.67	18.36	20.79	22.25	36.46
G	3	7	14	6.26	7.50	8.74	9.85	10.52	17.03
H	9	14	24	13.15	14.83	16.52	18.04	18.95	27.83
I	2	6	11	5.15	6.17	7.18	8.09	8.63	13.97
J	2	9	14	7.32	8.67	10.02	11.23	11.96	19.07
K	3	13	21	10.64	12.67	14.69	16.51	17.60	28.26
L	4	6	11	5.71	6.50	7.29	8.00	8.42	12.57
M	1	2	4	1.83	2.17	2.50	2.81	2.99	4.77
N	5	9	14	8.15	9.17	10.18	11.09	11.63	16.97
O	7	15	27	13.42	15.67	17.91	19.94	21.15	33.00
P	7	21	62	19.32	25.50	31.68	37.25	40.58	73.16
Q	6	13	19	11.37	12.83	14.29	15.61	16.40	24.10
R	5	7	14	6.82	7.83	8.85	9.76	10.30	15.63
S	1	3	4	2.50	2.83	3.17	3.47	3.66	5.43

Lampiran 8. Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 2 (Distribusi Beta)

	a	m	b	25%	50%	75%	90%	95%	100%
A	17	23	31	21.61	23.27	25.00	26.47	27.28	30.89
B	20	25	30	23.79	25.00	26.21	27.21	27.75	29.92
C	120	133	145	129.82	132.86	135.88	138.35	139.65	144.80
D	60	66	76	64.67	66.55	68.54	70.29	71.26	75.75
E	99	107	115	105.06	107.00	108.94	110.54	111.39	114.88
F	61	66	71	64.79	66.00	67.21	68.21	68.75	70.92
G	10	14	18	13.03	14.00	14.97	15.77	16.20	17.94
H	34	41	48	39.30	41.00	42.70	44.10	44.85	47.89
I	10	15	20	13.79	15.00	16.21	17.21	17.75	19.92
J	9	15	20	13.52	14.86	16.18	17.25	17.80	19.96
K	17	22	27	20.79	22.00	23.21	24.21	24.75	26.92
L	24	29	34	27.79	29.00	30.21	31.21	31.75	33.92
M	10	14	18	13.03	14.00	14.97	15.77	16.20	17.94
N	23	28	33	26.79	28.00	29.21	30.21	30.75	32.92
O	28	34	40	32.55	34.00	35.45	36.66	37.30	39.91
P	26	33	40	31.30	33.00	34.70	36.10	36.85	39.89
Q	5	9	13	8.03	9.00	9.97	10.77	11.20	12.94
R	5	7	9	6.52	7.00	7.48	7.89	8.10	8.97
S	44	53	62	50.82	53.00	55.18	56.99	57.94	61.86

Lampiran 9. Estimasi Waktu Aktivitas Proyek 2 (Distribusi Normal)

	a	m	b	25%	50%	75%	90%	95%	100%
A	17	23	31	21.76	23.33	24.91	26.32	27.17	35.47
B	20	25	30	23.88	25.00	26.12	27.14	27.74	33.67
C	120	133	145	130.02	132.83	135.64	138.17	139.69	154.50
D	60	66	76	64.87	66.67	68.47	70.08	71.05	80.53
E	99	107	115	105.20	107.00	108.80	110.42	111.39	120.86
F	61	66	71	64.88	66.00	67.12	68.14	68.74	74.67
G	10	14	18	13.10	14.00	14.90	15.71	16.19	20.93
H	34	41	48	39.43	41.00	42.57	43.99	44.84	53.13
I	10	15	20	13.88	15.00	16.12	17.14	17.74	23.67
J	9	15	20	13.60	14.83	16.07	17.18	17.85	24.37
K	17	22	27	20.88	22.00	23.12	24.14	24.74	30.67
L	24	29	34	27.88	29.00	30.12	31.14	31.74	37.67
M	10	14	18	13.10	14.00	14.90	15.71	16.19	20.93
N	23	28	33	26.88	28.00	29.12	30.14	30.74	36.67
O	28	34	40	32.65	34.00	35.35	36.56	37.29	44.40
P	26	33	40	31.43	33.00	34.57	35.99	36.84	45.13
Q	5	9	13	8.10	9.00	9.90	10.71	11.19	15.93
R	5	7	9	6.55	7.00	7.45	7.85	8.10	10.47
S	44	53	62	50.98	53.00	55.02	56.84	57.93	68.60

Lampiran 10. Masukan untuk Analisis *PERT-Beta Distribution*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1					Most						Matriks Pendahulu Langsung					
			Penhahulu	Optimistic	Likely	Pessimistic										
2	Aktivitas	Nama Aktivitas	Langsung	Time (a)	Time	Time (b)	Alpha	Betha	Mean	Variance	A	B	C	D	E	F
3	A	Aktivitas 1		1	3	5	4	4	3.00	0.44						
4	B	Aktivitas 2		2	4	6	4	4	4.00	0.44						
5	C	Aktivitas 3	B	3	6	9	4	4	6.00	1.00		1				
6	D	Aktivitas 4	A, C	1	5	9	4	4	5.00	1.78	1		1			
7	E	Aktivitas 5	A	1	2	3	4	4	2.00	0.11	1					
8	F	Aktivitas 6	D, E	2	8	20	2.938272	4.61728	9.00	9.00				1	1	
9																

Ready

Penamaan untuk tiap-tiap cell:

a=D3:D8

m=E3:E8

B=F3:F8

alpha=G3:G8

beta=H3:H8

mean=I3:I8

variance=J3:J8

Rumus untuk tiap tiap cell:

$$G3 = ((2 * (b + 4 * m - 5 * a)) / (3 * (b - a))) * (1 + 4 * ((m - a) * (b - m) / (b - a)^2))$$

$$H3 = ((2 * (5 * b - 4 * m - a)) / (3 * (b - a))) * (1 + 4 * ((m - a) * (b - m) / (b - a)^2))$$

$$I3 = a + (b - a) * (\alpha / (\alpha + \beta))$$

$$J3 = (\alpha / (\alpha + \beta)) * (\beta / (\alpha + \beta)) * ((b - a)^2 / (\alpha + \beta + 1))$$

Lampiran 11. Perhitungan ES dan EF

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Perhitungan ES dan EF										
2	Max EF										
3	24.00										
4					A	B	C	D	E	F	
5		ES	EF								
6	A	0.00	3.00								
7	B	0.00	4.00								
8	C	4.00	10.00			4.00					
9	D	10.00	15.00		3.00		10.00				
10	E	3.00	5.00		3.00						
11	F	15.00	24.00					15.00	5.00		
12											

Ready

Penamaan untuk tiap-tiap cell:

A2=maxEF

ES_Eftabel= A6:C11

tabelmasukan=A3:J8 dari sheet masukan

EF_range=C6:C11

Rumus untuk tiap tiap cell:

E6= IF(masukan!K3=1,VLOOKUP(E\$4,ES_Eftabel,3,FALSE),0)

B6= MAX(E6:J6)

C6= +B6+VLOOKUP(A6,tabelmasukan,9,FALSE)

A3= =MAX(EF_range)

Lampiran 12. Perhitungan LS dan LF

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Perhitungan LS dan LF								
2	Max LF								
3	24.00								
4		LS	7.00	0.00	4.00	10.00	13.00	15.00	
5		LF	10.00	4.00	10.00	15.00	15.00	24.00	
6									
7	A								
8	B								
9	C			4.00					
10	D		10.00		10.00				
11	E		13.00						
12	F					15.00	15.00		
13									

Ready

Penamaan untuk tiap-tiap cell:

LS_LFtable=C2:H5

LF_Range=C5:H5

Rumus untuk tiap tiap cell:

C7 =IF(masukan!K3=1,HLOOKUP(\$A7,LS_LFtable,2,FALSE),MaxEF)

C4 =+C5-VLOOKUP(C3,tabelmasukan,9,FALSE)

C5 =MIN(C7:C12)

A3 =MAX(LF_Range)

Lampiran 13. Perhitungan Jalur Kritis

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3	Aktivitas	Description	Waktu Rata-Rata	ES	EF	LS	LF	Total Slack	Jalur Kritis	Variance Aktivitas Kritis
4	A	Aktivitas 1	3.00	0.00	3.00	7.00	10.00	7.00	Tidak	
5	B	Aktivitas 2	4.00	0.00	4.00	0.00	4.00	0.00	Ya	0.44
6	C	Aktivitas 3	6.00	4.00	10.00	4.00	10.00	0.00	Ya	1.00
7	D	Aktivitas 4	5.00	10.00	15.00	10.00	15.00	0.00	Ya	1.78
8	E	Aktivitas 5	2.00	3.00	5.00	13.00	15.00	10.00	Tidak	
9	F	Aktivitas 6	9.00	15.00	24.00	15.00	24.00	0.00	Ya	9.00
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										

Rata-Rata Waktu Penyelesaian Proyek(CPM)	=	24.00
Variance Proyek	=	12.22
Standard Deviation	=	3.496029494

Selang Kepercayaan		Normal	Beta
Berapa Sigma (n)	3	Target Waktu	24
Mean + nx Std. Dev.=	34.48808848	Peluang	50%
Mean - nx Std. Dev.=	13.51191152		50%

Parameter Distribusi Beta		Normal	Beta
alpha=	4.00	Peluang Target	100%
beta=	4.00	Waktu	51.74
			34.32

Penamaan untuk tiap-tiap cell:

variancejalurkritis=J4:J9

Rumus untuk tiap tiap cell:

C4 =+masukan!I3

D4 =+'ES-EF'!B6

E4 =+D4+C4

F4 =+G4-C4

G4 =HLOOKUP(A4,'Jalur Kritis.xls'!LST_LFTable,3,FALSE)

H4 =+F4-D4

I4 =IF(H4>0,"Tidak", "Ya")

J4 =IF('PERT-CPM Tabel'!I4="Ya", (VLOOKUP('PERT-CPM Tabel'!A4,tabelmasukan,10,FALSE)), " ")

F13 =LS-LF!A3

F14 SUM(variancejalurkritis)

F15 =SQRT(F14)

Lampiran 13. (Lanjutan)

$$C20 = F13 + C19 * F15$$

$$C21 = F13 - C19 * F15$$

$$C24 = ((2 * (C20 + 4 * F13 - 5 * C21)) / (3 * (C20 - C21))) * (1 + 4 * ((F13 - C21) * (C20 - F13) / (C20 - C21)^2))$$

$$C25 = ((2 * (5 * C20 - 4 * F13 - C21)) / (3 * (C20 - C21))) * (1 + 4 * ((F13 - C21) * (C20 - F13) / (C20 - C21)^2))$$

$$G20 = \text{NORMDIST}(G19, F13, \text{SQRT}(F14), \text{TRUE})$$

$$H20 = \text{BETADIST}(H19, C24, C25, C21, C20)$$

$$G25 = \text{NORMINV}(G24, F13, F15)$$

$$H25 = \text{BETAINV}(H24, C24, C25, C21, C20)$$



Lampiran 14. Gantt Chart

