

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENJADWALAN ULANG DENGAN
MENGUNAKAN METODE PERT (*PROGRAM EVALUATION
AND REVIEW TECHNIQUE*)
(*RESCHEDULING ANALYSIS WITH PERT METHODE*)
(Studi Kasus: Hotel Bhayangkara)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratn Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil)**



**Ahmad Syaiful
12511333**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENJADWALAN ULANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE) (RESCHEDULING ANALYSIS WITH PERT METHODE) (Studi Kasus: Hotel Bhayangkara)

Disusun Oleh



telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

diuji pada tanggal 28 November 2018

oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

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

Penguji I

Adityawan Sigit, M.T.

Penguji II

Albani Musyafa', M.T., Ph. D.

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Sarjan Teknik Sipil

UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Oktober 2018

Yang membuat pernyataan,


Ainul Haqif
12511333

DEDIKASI

Tugas akhir ini saya dedikasikan kepada :

1. Kedua orangtua saya yang selalu mendukung dalam segala hal dan selalu mendoakan saya
2. Adik-adik saya yang selalu memberi semangat dalam segala hal dan memberi motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir saya
3. Sepupu, keponakan dan seluruh keluarga besar saya
4. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2012
5. Rekan-rekan Posko dan Pecinta Rasulullah

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr Wb

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sampai selesai. Serta Shalawat dan salam selalu terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita ke dalam kehidupan yang lebih baik dan jalan menuju Surga Allah SWT.

Berdasarkan kurikulum Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, setiap mahasiswa diwajibkan melaksanakan tugas akhir. Tugas akhir dengan judul Analisis Penjadwalan Ulang Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara Malioboro Menggunakan Metode *PERT (Rescheduling Analysis of Bhayangkara Hotel with PERT Method)*. ini disusun sebagai syarat memperoleh derajat sarjana strata satu (S1) Teknik Sipil. Atas kelancaran selama penulisan, maupun penyelesaian dalam menulis tugas akhir, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada.

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., dan Ibu Atika Ulfah Jamal, S.T., M.Eng., M.T selaku pengurus Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing.
3. Pihak Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara yang telah mengizinkan dan membantu saya dalam pengambilan data penelitian tugas akhir, khususnya Bapak Evi yang bersedia mengajari saya sampai bisa akan ilmu ketekniksipilan.
4. Karyawan-karyawan pengajaran Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta yang telah membantu mengurus keperluan dan syarat-syarat administrasi dalam menyelesaikan tugas akhir.

5. Pihak-pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Amin.

Wassalaamu 'alaikum Wr Wb

Yogyakarta, Oktober 2018

Penulis,

Ahmad Syaiful
12511333

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRAT</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Simpulan Penelitian Sebelumnya	7
2.3 Persamaan dan Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya	7
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Perencanaan Proyek	8
3.1.1 Fungsi dan Proses Perencanaan serta Pengendalian	8
3.1.2 Proses dan Sistematisa Perencanaan Proyek	8
3.2 Penjadwalan Proyek	10
3.2.1 Pendahuluan	10
3.3 Metode Penjadwalan Proyek	12
3.4 Alat Bantu <i>Software</i>	44

3.4.1 Duration	44
3.4.2 Penjadwalan	44
3.4.3 Network Diagram	45
BAB IV METODELOGI PENELITIAN	46
4.1 Objek dan Subjek Penelitian	46
4.2 Teknik Pengumpulan Data	46
4.3 Variabel Penelitian	47
4.4 Jenis Data	47
4.5 Teknik Pengolahan Data	47
4.6 Lokasi Penelitian	48
4.7 Tahapan Penelitian	49
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	51
5.1 Data Penelitian	51
5.2 Analisis Durasi Yang Diharapkan (TE)	54
5.2.1 Durasi Yang Diharapkan Pada Pekerjaan Rincian	54
5.2.2 Durasi yang Diharapkan (TE) Pada Pekerjaan Utama	57
5.3 Analisis Penjadwalan Proyek	59
5.3.1 Analisis Penjadwalan dengan <i>Network Diagram</i>	59
5.3.2 Menghitung Nilai EET	63
5.3.3 Menghitung Nilai LET	63
5.3.4 Menentukan Lintasan Kritis	63
5.3.5 Analisis Deviasi Standar Varians Kegiatan	64
5.4 Analisis Target Jadwal Penyelesaian (TD)	68
5.5 Pembahasan	69
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	71
6.1 Simpulan	71
6.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRA	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Bagan Balok dan Kurva S	15
Tabel 3.2 Hasil perhitungan diagram AOA	20
Tabel 3.3 Kegiatan A dan B dengan te sama besar = 6	31
Tabel 3.4 Tabulasi S dan V	35
Tabel 3.5 Jalur kritis dan subkritis	40
Tabel 3.6 Perbandingan PERT versus CPM untuk beberapa phenomena	41
Tabel 5.1 Data durasi optimis (a), durasi pesimis (b), dan durasi paling mungkin (m)	51
Tabel 5.2 Rekapitulasi durasi yang diharapkan (TE)	55
Tabel 5.3 Perhitungan durasi pekerjaan utama kolom lantai basement	58
Tabel 5.4 Perhitungan durasi pekerjaan utama plat lantai 2	58
Tabel 5.5 Durasi yang diharapkan (TE) pada pekerjaan utama	59
Tabel 5.6 Rangkaian kegiatan dan durasi pekerjaan	61
Tabel 5.7 Rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians pekerjaan rincian	63
Tabel 5.8 Rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians kegiatan	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Proses dan Sistemika Perencanaan	9
Gambar 3.2 Diagram AGO	16
Gambar 3.3 Diagram AOA	19
Gambar 3.4 Lambang Kegiatan PDM	21
Gambar 3.5 Orientasi Peristiwa vs Kegiatan	24
Gambar 3.6 Kurva Distribusi	26
Gambar 3.7 Kurva Distribusi Asimetris	27
Gambar 3.8 Kurva Distribusi dengan letak Durasi dan te	29
Gambar 3.9 Derajat Ketidakpastian	33
Gambar 3.10 Kurva Distribusi Normal	34
Gambar 3.11 Jaringan Kerja te an v	35
Gambar 3.12 Mengkaji Peristiwa	37
Gambar 3.13 Jalur Kritis dan Subkritis	40
Gambar 4.1 Jalan Bhayangkara No. 13 Ngampilan Yogyakarta	47
Gambar 4.2 Diagram alir tahapan penelitian	48
Gambar 5.1 Sketsa Proyek Hotel Bhayangkara	60
Gambar 5.2 Analisis Jalur Kritis	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manajemen proyek atau pengelolaan proyek sangat diperlukan dalam sebuah pembangunan proyek konstruksi. Dimana proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Dalam suatu proyek konstruksi terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan yaitu waktu, biaya dan mutu (Kerzner, 2006). Pada umumnya, mutu konstruksi merupakan elemen dasar yang harus dijaga untuk senantiasa sesuai dengan perencanaan. Namun pada kenyataan sering terjadi pembengkakan biaya sekaligus keterlambatan waktu pelaksanaan (Praboyo, 1999; Tjaturono, 2004). Manajemen proyek yang meliputi tahap perencanaan, tahap penjadwalan dan tahap pengkoordinasian kurang efektif (Arifudin, 2011). Namun, seringkali efisiensi dan efektivitas kerja yang diharapkan tidak tercapai karena pengelolaan proyek dapat dibuat dengan tujuan agar proyek dapat selesai tepat waktu. Realita di lapangan menunjukkan bahwa waktu penyelesaian suatu proyek bervariasi, akibatnya perkiraan waktu penyelesaian suatu proyek tidak dapat dipastikan akan dapat ditepati (Maharesi, 2002).

Dalam pelaksanaan proyek, sering terjadi bahwa apa yang telah dikerjakan tidak berjalan sesuai dengan rencana, misalnya pelaksanaan proyek pembangunan di Yogyakarta pada bagian struktur yang banyak mengalami keterlambatan dalam penyelesaian. Situasi seperti ini jika terjadi pada suatu organisasi kerja yang mempunyai banyak aktivitas, penundaan waktu penyelesaian disalah satu aktivitas akan berakibat pada penundaan waktu penyelesaian pada aktivitas-aktivitas berikutnya. Semakin banyak kegiatan yang penyelesaiannya tidak sesuai dengan rencana awal, maka total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut akan semakin besar (Maharesi, 2002). Perkiraan durasi tersebut sebaiknya

dilakukan dengan mempertimbangkan segala kemungkinan yang akan terjadi saat pelaksanaan proyek yang dapat menghambat pelaksanaannya.

Hal di atas tersebut adalah yang mendasari penggunaan metode *PERT* (*Program Evaluation and Review Technique*) dalam melakukan penjadwalan. Penentuan durasi kegiatan suatu proyek pada metode *PERT* diperkirakan tiga parameter estimasi, yaitu waktu tercepat (*optimistic duration time*), waktu terlama (*pessimistic duration time*) dan waktu yang paling mungkin terjadi (*most likely time*).

Berdasarkan uraian di atas, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis terhadap penjadwalan proyek dengan metode *PERT*, dengan studi kasus Pembangunan Hotel Bhayangkara. Proyek Hotel Bhayangkara ini dikerjakan oleh Kontraktor Swakelola dan bernilai Rp 9,5 miliar. Saat ini proyek Hotel Bhayangkara sudah selesai, dan dari hasil survey proyek ini tidak terjadi keterlambatan dengan menggunakan metode lapangan atau pengalaman. Oleh karena itu akan digunakannya metode *PERT* untuk *reschedule* proyek Hotel Bhayangkara ini. Dengan menggunakan perencanaan metode *PERT* diharapkan dapat mempermudah proses penjadwalan dan dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam pelaksanaan Proyek Hotel Bhayangkara, serta membuktikan bahwasannya dengan metode *PERT* pelaksanaan proyek bisa lebih cepat dari metode lapangan atau pengalaman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Berapa lama durasi yang diperlukan dalam pelaksanaan Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara dengan metode *PERT* pada pekerjaan struktur?
2. Bagaimana perbandingan durasi pelaksanaan pada pekerjaan struktur antara jadwal *existing reschedule* menggunakan metode *PERT* dan realisasi di lapangan?

3. Berapa besar Kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target yang diinginkan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui berapa lama durasi yang diperlukan dalam Pembangunan struktur Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara dengan metode *PERT*.
2. Mengetahui perbandingan durasi pelaksanaan anantara jadwal *existing reschedule* menggunakan metode *PERT* dan Realisasi.
3. Mengetahui besar kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target yang diinginkan

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan yaitu penjadwalan ulang pada Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara dengan metode *PERT* diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pelaksanaan proyek karena dalam merencanakan durasi dibutuhkan perhatian terhadap segala kemungkinan yang akan terjadi, sehingga dapat diperoleh waktu yang diharapkan dalam penyelesaian proyek.

Diharapkan juga agar penelitian ini dapat melihat penjadwalan pengerjaan suatu proyek yang efektif dan efisien, agar kelak dapat bermanfaat untuk berbagai proyek ke depannya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini meliputi penjadwalan ulang proyek pada lantai 1 (satu) hingga lantai teratas pada Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara Yogyakarta.
2. Penelitian ini hanya pada pekerjaan struktur.
3. Metode penjadwalan yang digunakan adalah metode *PERT (Program Evaluation and Review Technique)*.
4. Data penelitian diperoleh dari pihak kontraktor proyek berupa *time schedule* struktur rencana proyek, wawancara durasi optimis, durasi pesimis dan durasi yang paling memungkinkan pelaksanaan proyek.
5. Analisis data dilakukan menggunakan program *Microsoft Excel* untuk perhitungan waktu yang diharapkan (TE) dan melakukan penjadwalan serta mengetahui waktu penyelesaian proyek.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sebagai bahan pertimbangan dan referensi untuk tugas akhir ini, maka akan dipaparkan hasil penelitian sejenis yang sudah pernah dilaksanakan sekaligus menghindari adanya duplikasi. Hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Analisis Penjadwalan Ulang (*Rescheduling*) Proyek dengan Metode *PERT*. Penelitian ini dilakukan oleh Amalia (2016). Penelitian ini dilakukan pada proyek bangunan Hotel Royal Darmo Yogyakarta. Penelitian ini menyatakan bahwa proyek tersebut mengalami kendala yang menyebabkan pelaksanaan proyek tertunda selama enam bulan. Hal ini terjadi karena adanya masalah dengan biaya pelaksanaan proyek. Setelah kendala biaya dapat teratasi, proyek tersebut melanjutkan pembangunannya yaitu sebuah gedung baru di lokasi yang sama. Waktu pelaksanaan gedung baru tersebut tidak sesuai dengan waktu yang direncanakan karena perencana tidak mempertimbangkan kemungkinan yang akan terjadi saat pelaksanaan proyek sehingga proyek mengalami keterlambatan.
2. Metode project Evaluation and Review Technique (*PERT*) dan Critical Path Method (*CPM*) dalam Optimalisasi Penjadwalan Proyek. Penelitian ini telah dilakukan oleh Kaban (2014) dengan model perhitungan digunakan bangunan gedung sederhana. Penelitian menyatakan bahwa terdapat dua metode penjadwalan yaitu metode jalur kritis *CPM* dan *PERT*. Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan maka diperoleh sebuah jalur kritis dengan total waktu 84 hari, sedangkan dengan metode *PERT* dengan tingkat keberhasilan 97,95% maka waktu yang dibutuhkan 86 hari.

3. Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode *PERT* dan *CPM* pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistika Kota Medan di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara.

Penelitian ini dilakukan oleh Ridho, M.R (2013). Penelitian dilakukan pada proyek bangunan gedung menggunakan metode *PERT* dan *CPM*. Peneliti menyatakan bahwa dua metode tersebut memiliki dua pendekatan berbeda dalam pembuatannya, dimana *CPM* menggunakan pendekatan deterministic dan *PERT* menggunakan pendekatan probabilistic. Sering dalam suatu proyek terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya karena faktor-faktor yang tidak diperhitungkan sebelumnya sehingga kontraktor perlu membuat alternative lain dalam pengerjaan proyek agar selesai sesuai dengan rencana. Penelitian ini akan mengkaji bagaimana penjadwalan proyek dapat dibuat pada pembangunan gedung Badan Pusat Statistika Kota Medan dengan menggunakan metode *PERT* dan *CPM*, dan bagaimana proyek dapat dipercepat dengan penambahan jam kerja jika terjadi keterlambatan.

4. Perhitungan Penjadwalan Ulang dengan Metode *CPM* dan *PERT* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor PT. PLN).

Penelitian ini dilakukan oleh Rifani, H.A (2009). Penelitian menyatakan bahwa hasil perhitungan waktu penyelesaian proyek dengan metode *PERT* adalah 78 minggu dengan mengintegrasikan segala kemungkinan yang terjadi baik maupun buruk yang dapat mempengaruhi keseluruhan waktu penyelesaian proyek. Sedangkan berdasarkan metode *CPM* didapat durasi proyek selama 83 minggu. Perhitungan untuk menaikkan probabilitas menjadi di atas 80% atau sebesar 95% sukses didapatkan waktu penyelesaian proyek selama 83 minggu, dan kemungkinan gagal maksimum 5%.

2.2 Simpulan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan dari hasil penelitian yang di atas, maka diperoleh kesimpulan bahwa metode *PERT* dapat digunakan untuk merencanakan dan mengevaluasi segala jenis proyek seperti proyek gedung, jalan dan sebagainya.

2.3 Persamaan dan Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang akan dilakukan dengan judul “Analisis Penjadwalan Ulang (*Reschedule*) Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara di Malioboro Yogyakarta menggunakan Metode *PERT*” terdapat persamaan dan perbedaan pada tujuan dan metodenya dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Garis besar beberapa persamaan dan perbedaan dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Persamaan dengan penelitian Amalia (2016) adalah merencanakan penjadwalan proyek menggunakan metode *PERT*. Perbedaannya yaitu penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan yang mengalami kendala ketika pelaksanaan sehingga menyebabkan pelaksanaan proyek tertunda selama enam bulan, sedangkan pada penelitian sekarang dilakukan pada lokasi yang berbeda serta masalah yang berbeda.
2. Persamaan dengan penelitian Kaban (2014) adalah merencanakan waktu pelaksanaan proyek dengan metode *PERT*. Perbedaan penelitiannya adalah Kaban menggunakan metode *CPM*, sedangkan penelitian sekarang tidak menggunakan *CPM*.
3. Persamaan dengan penelitian Ridho (2013) yaitu melakukan penjadwalan proyek dengan metode *PERT*. Perbedaan penelitiannya terletak pada penggunaan metode *CPM* dan percepatan penyelesaian proyek dengan penambahan jam kerja serta evaluasi biaya proyek tidak aka dilakukan dalam penelitian sekarang.
4. Persamaan dengan penelitian Rifani (2009) adalah merencanakan waktu pelaksanaan proyek dengan metode *PERT*. Perbedaan penelitain ada pada masalah penggunaan metode *CPM*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan Proyek

3.1.1 Fungsi dan Proses Perencanaan Serta Pengendalian

Menurut Soeharto (1995), dari definisi manajemen proyek, perencanaan menempati urutan pertama dari fungsi-fungsi lain seperti mengorganisir, memimpin dan mengendalikan. Perencanaan adalah proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Ini berarti memilih dan menentukan langkah-langkah kegiatan di masa datang yang diperlukan untuk mencapai tujuan. Daripada itu fungsi pengendalian bermaksud memantau dan mengkaji agar langkah-langkah kegiatan tersebut terbimbing ke arah tujuan yang telah ditetapkan. Terlihat di sini adanya hubungan erat antara fungsi pengendalian dan perencanaan. Dari segi penggunaan sumber daya, perencanaan dapat diartikan sebagai memberi pegangan bagi pelaksana mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan, sedangkan pengendalian memantau apakah hasil kegiatan yang telah dilakukan sesuai dengan patokan yang telah digariskan dan memastikan penggunaan sumber daya yang efektif dan efisien. Dengan demikian, perencanaan dan pengendalian akan berlangsung hamper sepanjang siklus proyek dalam bentuk perencanaan-pemantauan-pengendalian-koreksi.

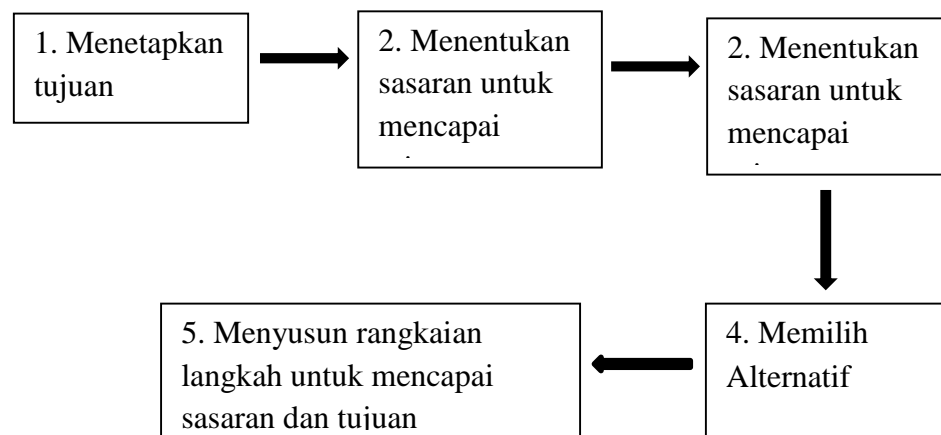
3.1.2. Proses dan Sistematika Perencanaan Proyek

Menurut Soeharto (1995), sering dikatakan bahwa proses perencanaan lebih penting dari perencanaan itu sendiri, karena pada proses perencanaan para pimpinan dan pelaksanaan proyek ‘dipaksa’ untuk aktif ikut berpikir dan bersuara mengenai kegiatan yang akan dilaksanakan yang menjadi tanggung jawabnya. Pada saat itu mereka mulai melihat ke depan untuk mengantisipasi

persoalan yang mungkin timbul pada taraf implementasi dan bagaimana mengatasinya. Menyusun suatu perencanaan yang lengkap minimal meliputi:

1. Menentukan tujuan.
2. Menentukan sasaran.
3. Mengkaji posisi awal terhadap tujuan.
4. Memilih alternative.
5. Menyusun rangkaian langkah mencapai tujuan.

Sistematik proses perencanaan proyek terlihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Proses dan Sistematika Perencanaan.

(Sumber: Soeharto, 1995)

3.2 Penjadwalan Proyek

3.2.1 Pendahuluan

Menurut Siswanto (2007), dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain adalah sebagai berikut.

1. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.
2. Proses pengendalian (*controlling*)

Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render, 2005), yaitu.

- a. *Perencanaan*. Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi tim-nya.
- b. *Penjadwalan*. Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- c. *Pengendalian*. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana yang menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Handoko, T.H (1999) menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut.

1. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
2. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
3. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Menurut Husen (2008), penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja,

peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat lebih terperinci dan sangat detail. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek. Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada.

Selama proses pengendalian proyek, penjadwalan mengikuti perkembangan proyek dengan berbagai permasalahannya. Proses *monitoring* serta *updating* selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang paling realistis agar alokasi sumber daya dan penetapan durasinya sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek. Secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut.

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Kompleksitas penjadwalan proyek sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut.

1. Sasaran dan tujuan proyek.
2. Keterkaitan dengan proyek lain agar terintegrasi dengan *master schedule*.
3. Dana yang diperlukan dan dana yang tersedia.
4. Waktu yang diperlukan, waktu yang tersedia, serta perkiraan waktu yang hilang dan hari-hari libur.
5. Susunan dan jumlah kegiatan proyek serta keterkaitan di antaranya.
6. Kerja lembur dan pembagian *shift* kerja untuk mempercepat proyek.
7. Sumber daya yang diperlukan dan sumber daya yang tersedia.

8. Keahlian tenaga kerja dan kecepatan mengerjakan tugas.

Makin besar skala proyek, semakin kompleks pengelolaan penjadwalan karena dana yang dikelola sangat besar, kebutuhan dan penyediaan sumber daya juga besar, kegiatan yang dilakukan sangat beragam serta durasi proyek menjadi sangat panjang. Oleh karena itu, agar penjadwalan dapat diimplementasikan, digunakan cara-cara atau metode teknis yang sudah digunakan seperti metode penjadwalan proyek yang akan diuraikan pada subbab selanjutnya. Kemampuan *scheduler* yang memadai dan bantuan *software* computer untuk penjadwalan dapat membantu memberikan hasil yang optimum.

3.3 Metode Penjadwalan Proyek

Menurut Pardede (2014), metode yang digunakan dalam melakukan penjadwalan adalah sebagai berikut.

1. Bagan balok (*barchart*),
2. kurva S (*hanumm curve*),
3. metode penjadwalan linier (diagram vektor),
4. metode *CPM* (*critical path method*),
5. metode *PDM* (*precedence diagram method*), dan
6. metode *PERT* (*program evaluation and review technique*).

Menurut Husen (2008), ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan penggunaan metode-metode tersebut didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap kinerja biaya, sekaligus kinerja proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, variable-variabel yang mempengaruhinya juga harus dimonitor, misalnya mutu, keselamatan kerja, ketersediaan peralatan dan material, serta *stakeholder* proyek yang terlibat. Bila terjadi penyimpangan terhadap rencana semula, maka dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek tetap pada jalur yang diinginkan.

3.3.1 Bagan Balok (*Barchart*)

Menurut Soeharto (1995), bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian dan pada saat pelaporan. Kelebihan dari bagan balok adalah metode ini mudah dibuat dan dipahami dan sangat berfaedah sebagai alat perencanaan dan komunikasi. Bila digabungkan dengan metode lain misalnya grafik S dapat dipakai untuk aspek yang lebih luas. Namun, metode bagan balok terbatas karena kendala-kendala berikut.

1. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan yang lain, sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.
2. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaharuan (*updating*), karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan balok baru, padahal tanpa adanya pembaharuan segera menjadi “kuno” dan menurun daya gunanya.
3. Untuk proyek berukuran sedang dan besar, lebih-lebih yang bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan menyusun sedemikian besar jumlah kegiatan yang mencapai puluhan ribu dan memiliki keterkaitan tersendiri di antara mereka, sehingga mengurangi kemampuan penyajian secara sistematis.

Jika jumlah kegiatan tidak terlalu banyak, misalnya dengan membatasi dan memilih yang penting saja, seperti halnya pembuatan jadwal induk, maka pemakaian bagan balok untuk perencanaan dan pengendalian menjadi pilihan pertama, karena mudah dimengerti oleh semua lapisan pelaksana dan pimpinan para peserta proyek.

Menurut Husen (2008), *barchart* ditemukan oleh Gantt dan Fredick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, dengan panjang balok sebagai representasi dari durasi setiap kegiatan. Format bagan balok informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana.

Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu atau bulan sebagai durasinya.

Pada bagian ini juga dapat ditentukan *milestone* sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktivitas proyek secara keseluruhan. Untuk proses *updating*, bagan balok dapat diperpendek atau diperpanjang, yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan dalam proses perbaikan jadwal.

Penyajian informasi bagan balok agak terbatas, misal hubungan antar kegiatan tidak jelas dan lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Karena urutan kegiatan kurang terinci, maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi sukar untuk dilakukan.

3.3.2 Kurva S (*Hanumm Curve*)

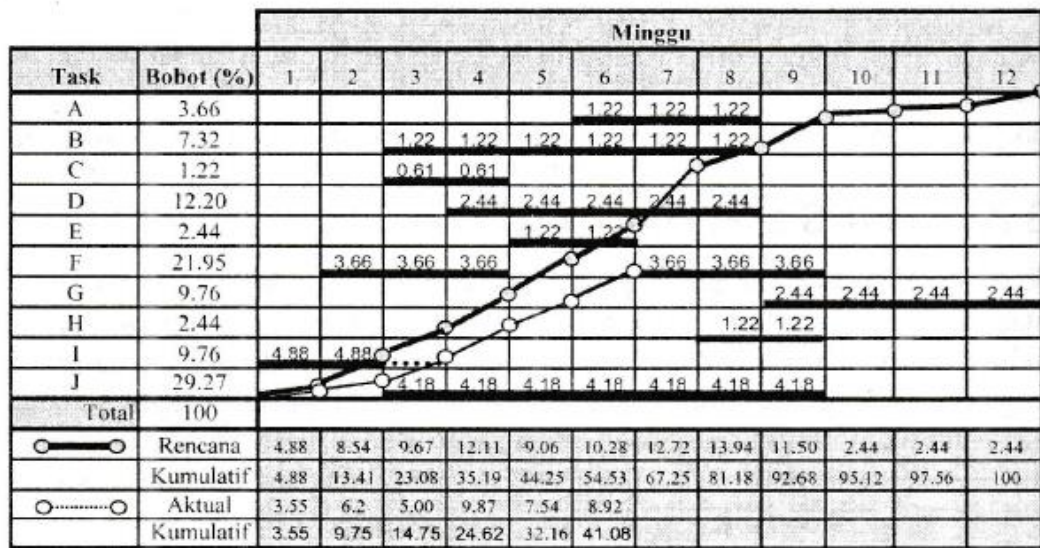
Menurut Husen (2008), kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Dari visualisasi kurva S dapat diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

Dalam membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S. Bentuk tersebut terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item pekerjaan/kegiatan dibagi total anggaran atau berdasarkan volume rencana dari komponen kegiatan terhadap volume total kegiatan.

Berikut ini Tabel 3.1 menunjukkan contoh bagan balok yang penggunaannya dikombinasi dengan metode Kurva S.

Tabel 3.1 Bagan balok dikombinasi dengan kurva S



(Sumber: Husen, 2008)

3.3.3 Metode Penjadwalan Linier (Diagram Vektor)

Menurut Husen (2008), metode ini biasanya sangat efektif dipakai untuk proyek dengan jumlah kegiatan relatif sedikit dan banyak digunakan untuk penjadwalan dengan kegiatan yang berulang seperti pada proyek konstruksi jalan raya, *runway* Bandar udara, terowongan/*tunnel* atau proyek industri manufaktur.

3.3.4 Metode CPM (Critical Path Method)

Menurut Pardede (2014), Metode CPM (*critical path method*) adalah suatu metode dengan menggunakan diagram anak panah dalam menentukan lintasan kritis, sehingga disebut juga metode lintasan kritis. CPM menggunakan satu angka estimasi durasi kegiatan yang tertentu (*deterministic*). Berikut bentuk CPM:

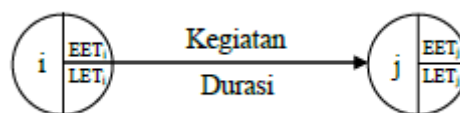


Keterangan:



- = Simbol peristiwa/kejadian (*event*), Menunjukkan titik waktu mulainya/selesainya suatu kegiatan dan tidak mempunyai jangka waktu
- = Simbol kegiatan (*Activity*), Kegiatan membutuhkan jangka waktu dan sumber daya
- → = Simbol kegiatan semu, Kegiatan berdurasi nol, tidak membutuhkan sumber daya

Dalam CPM (*critical path method*) dikenal istilah *EET* (*earliest event time*), peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari event dan *LET* (*latest event time*), peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari event, *Total Float*, *Free Float*, dan *Independent Float*. Hubungan antara *EET* dan *LET* ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Diagram AOA (*Activity On Arrow*)
(Sumber: Husen, 2008)

Menurut Soeharto (1995), pada metode jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Makna jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Kadang-kadang dijumpai lebih dari satu jalur kritis dalam jaringan kerja.

Menurut Husen (2008), metode *CPM* (*critical path method*) diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan Du-Pont dan Rand Corporation untuk mengembangkan sistem kontrol manajemen. Metode ini dikembangkan untuk mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang

kompleks. Metode ini relative lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis. Dari informasi *network planning*, *monitoring* serta tindakan koreksi kemudian dapat dilakukan, yakni dengan memperbarui jadwal. Akan tetapi, metode ini perlu dikombinasikan dengan metode lainnya.

Menurut Husen (2008), metode ini mempunyai karakteristik sebagai berikut.

1. Diagram Network dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan *node*-nya menggambarkan peristiwanya/*event*. *Node* pada permulaan anak panah ditentukan sebagai *I-Node*, sedangkan pada akhir anak panah ditentukan sebagai *J-Node*, hubungan keterkaitannya adalah *Finish-Start*.
2. Menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) untuk memperoleh waktu mulai paling awal ($EET_i = \text{Earliest Event Time node } i$) pada *I-Node* dan waktu mulai paling awal ($EET_j = \text{Earliest Event Time node } j$) pada *J-Node* dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai maksimumnya, begitu juga dengan nilai seperti di bawah ini:
 - a. *ES (Earliest Start)*: Saat paling cepat untuk mulai kegiatan.
 - b. *EF (Earliest Finish)*: Saat paling cepat unruk akhir kegiatan.
3. Menggunakan perhitungan mundur (*backward pass*) untuk memperoleh waktu selesai paling lambat ($LET_i = \text{Latest Event Time node } i$) pada *I-Node* dan waktu selesai paling lambat ($LET_j = \text{Latest Event Time node } J$) pada *J-Node* dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai minimumnya, begitu juga dengan nilai seperti di bawah ini.
 - a. *LF (Latest Finish)*: Saat paling lambar untuk akhir kegiatan.
 - b. *S (Latest Start)*: Saat paling lambat untuk mulai kegiatan.
4. Di antara 2 peristiwa tidak boleh ada dalam 2 kegiatan, sehingga untuk menghindarinya digunakan kegiatan semu atau dummy yang tidak mempunyai durasi.
5. Menggunakan *CPM (Critical Path Method)* atau metode lintasan kritis, di mana pendekatan yang dilakukan hanya menggunakan satu jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan kumpulan kegiatan yang

mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai Total Float, $TF = 0$.

6. *Float* batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya. Jenis-jenis *Float* adalah:

a. *TF (Total Float)*

Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.

Berguna untuk menentukan lintasan kritis untuk mempercepat durasi proyek, bila nilai $TF = 0$.

$$TF_{ij} = LET_j - EET_i - Durasij \text{ (Event Oriented)}$$

$$= LF - EF = LS - ES \text{ (Activity Oriented)}$$

b. *FF (Free Float)*

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling awal peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut.

Berguna untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.

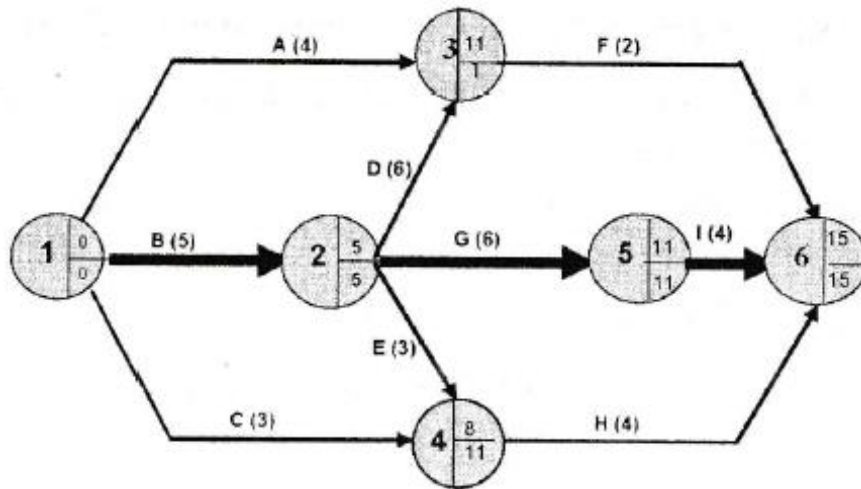
$$FF_{ij} = EET_j - EET_i - Durasij$$

c. *IF (Independent Float)*

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling lambat peristiwa j dengan selesainya kegiatan tersebut.

$$IF_{ij} = EET_j - LET_i - Durasij$$

Di bawah ini diberikan contoh *network* AOA pada Gambar 3.2 serta tabel perhitungannya.



Gambar 3.3 Diagram AOA dengan metode CPM

(Sumber: Husen, 2008)

Gambar 3.2 menjelaskan contoh *Activity On Arrow Diagram* dengan metode CPM, dimana kegiatannya ada pada anak panah disertai dengan jumlah durasi masing-masing kegiatan. Hasil perhitungan arah maju (*forward pass*) untuk mendapatkan nilai ES dan EF serta arah mundur (*backward pass*) untuk mendapatkan nilai LF dan LS, diperlihatkan pada Tabel 3.2. Pada node yang menunjukkan nomor event i , EET_i menunjukkan nilai ES, sedangkan pada nomor event j , LET_j menunjukkan nilai LF. Nilai $EF = ES + \text{durasi kegiatan}$ dan nilai $LS = LF - \text{durasi kegiatan}$.

1. Perhitungan *forward pass* (arah maju) pada peristiwa dan kegiatan
 - a. Pada peristiwa/event No.2

$$EET_2 = EET_1 + \text{durasi}_B = 0 + 5 = 5 \text{ hari, dimana } EET_1 = 0$$
 - b. Pada peristiwa/event No. 3, terdapat 2 kegiatan yang mendahului A dan D, dipilih nilai yang maksimum yaitu D.

$$EET_3 = EET_2 + \text{durasi}_D = 5 + 6 = 11 \text{ hari}$$
 - c. Pada kegiatan A

$$ES_A = EET_1 = 0$$

$$EF_A = ES_A + \text{durasi}_A = 0 + 4 = 4 \text{ hari}$$
 - d. Pada kegiatan H, terdapat 2 kegiatan yang mendahului C dan E, dipilih nilai yang maksimum yaitu E.

2. Perhitungan *backward pass* (arah mundur) pada peristiwa dan kegiatan.
- Pada peristiwa/*event* No.2, terdapat 3 kegiatan yang mengikuti D, E dan G, dipilih nilai yang minimum yaitu G.
 $LET_2 = LET_5 - \text{durasi}_G = 11 - 6 = 5$ hari, dimana $LET_5 = 1$ hari
 - Pada peristiwa/*event* No. 3
 $LET_3 = LET_6 - \text{durasi}_F = 15 - 2 = 13$ hari, dimana $LET_6 = 15$ hari
 - Pada kegiatan A
 $LF_A = LET_3 = 13$ hari
 $LS_A = LF_A - \text{durasi}_A = 13 - 4 = 9$ hari
 - Pada kegiatan H
 $LF_H = LET_6 = 15$ hari
 $LS_H = LF_H - \text{durasi}_H = 15 - 4 = 11$ hari
 - Total Float* kegiatan A = $LET_j - EET_i - \text{Durasi} = 13 - 0 - 4 = 9$ hari
 - Free Float* kegiatan A = $EST_j - EET_i - \text{Durasi} = 11 - 0 - 4 = 7$ hari
- Selanjutnya hasil perhitungan diagram AOA ditunjukkan oleh Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil perhitungan diagram AOA

Kegiatan	Durasi (Hari)	ES	EF	LF	LS	TF	FF
A	4	0	4	13	9	9	7
B	5	0	5	5	0	0	0
C	3	0	3	11	8	8	5
D	6	5	11	13	7	2	0
E	3	5	8	11	8	3	0
F	2	11	13	15	13	2	2
G	6	5	11	11	5	0	0
H	4	8	12	15	11	3	3
I	4	11	15	15	11	0	0

(Sumber: Husen, 2008)

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Lintasan kritisnya adalah lintasan dengan durasi terpanjang dan kegiatannya mempunyai total float = 0, yaitu B - G - I.
2. Durasi terpanjang ada pada lintasan B - G - I, yakni 15 hari

3.3.5 Metode PDM (*Precedence Diagram Method*)

Menurut Ervianto (2003), kelebihan PDM (*Precedence Diagram Method*) dibandingkan dengan *Arrow Diagram (CPM)* adalah:

1. Tidak diperlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.
2. Hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

Kegiatan dalam PDM diwakili oleh sebuah lambing yang mudah diidentifikasi, misalnya seperti Gambar 3.4 berikut.

ES	Jenis Kegiatan	EF
LS		LF
No. Keg		Durasi

Gambar 3.4 Alternatif 1, lambang kegiatan PDM

(Sumber: Ervianto, 2003)

Menurut Pardede (2014), Perhitungan *Precedence Diagram Method (PDM)* menggunakan hitungan maju yaitu *Earliest Start (ES)* dan *Earliest Finish (EF)*.

Jalur kritis ditandai oleh beberapa kegiatan sebagai berikut:

1. *Earliest Start (ES) = Latest Start (LS)*
2. *Earliest Finish (EF) = Latest Finish (LF)*
3. *Latest Finish (LF) = Earliest Finish (EF) = Durasi*

Sedangkan Float pada *Precedence Diagram Method (PDM)* dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *Total Float (TF)*, dan *Free Float (FF)*.

$$\text{Total Float (TF)} = \text{Min (LS-EF)}$$

$$\text{Free Float (TF)} = \text{Min (ES-EF)}$$

Menurut Husen (2008), Metode ini sering digunakan pada *software* komputer dan mempunyai karakteristik berbeda dengan metode *Activity On Arrow Diagram*, yaitu:

1. Pembuatan diagram network dengan menggunakan simpul/*node* untuk menggambarkan kegiatan.
2. *Float*, waktu tenggang maksimum dari suatu kegiatan.
 - a. Total Float, adalah float pada kegiatan: $LF - ES - \text{Durasi}$.
 - b. Relation Float (RF), float pada hubungan keterkaitan:
 - FS, $RF = LS_j - E_{fi} - \text{Lead}$,
 - SS, $RF = LS_j - E_{si} - \text{Lag}$
 - FF, $RF = LF_j - E_{fi} - \text{Lead}$,
 - SF, $RF = LF_j - E_{si} - \text{Lag}$
3. *Lag*, jumlah waktu tunggu dari suatu periode kegiatan j terhadap kegiatan i telah dimulai, pada hubungan SS dan SF.
4. *Lead*, jumlah waktu yang mendahuluinya dari suatu periode kegiatan j sesudah kegiatan i belum selesai, pada hubungan FS dan FF.
5. *Dangling*, keadaan di mana terdapat beberapa kegiatan yang tidak mempunyai kegiatan pendahulu (*predecessor*) atau kegiatan yang mengikuti (*successor*). Agar hubungan kegiatan tersebut tetap terikat oleh satu kegiatan, dibuatkan *dummy finish* dan *dummy start*.

3.3.6 Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

PERT mempunyai banyak kesamaan dengan *CPM* dan *PDM*. Seperti dalam *CPM*, *PERT* menggunakan teknik diagram *Activity On Arrow* (AOA), yang berarti bahwa *arrow* digunakan untuk menggambarkan kegiatan sedangkan *node* menggambarkan *event*. *PERT* tidak seperti dalam *CPM* dan *PDM*, tetapi berorientasi pada *event* (*event-oriented technique*) yang berarti bahwa komputasi dilakukan terhadap waktu kejadian (*event times*). Sedangkan *CPM* dan *PDM* berorientasi pada waktu kegiatan (*task-oriented*) yang berarti bahwa komputasi dilakukan terhadap waktu kegiatan (*task times*).

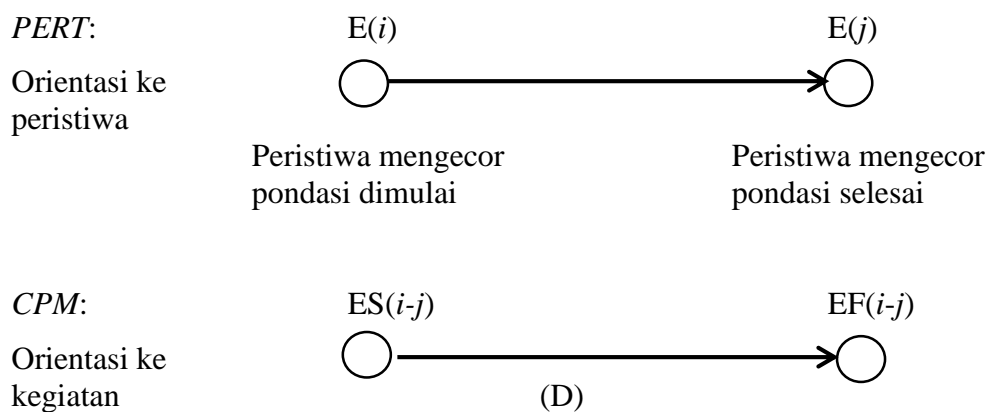
Menurut Ervianto (2004), *PERT (Program Evaluation and Review Technique)* dikembangkan sejak tahun 1958 oleh *US Navy* dalam proyek pengembangan *Polaris Missile System*. Teknik ini mampu mereduksi waktu selama dua tahun dalam pengembangan sistem senjata tersebut dan sejak itu mulai digunakan secara luas.

Menurut Soeharto (1995), 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 *CPM* condong ke orientasi kegiatan (*activity oriented*). Tentang proses pekerjaan mengecor pondasi. Disini metode *PERT* yang berorientasi ke terjadinya peristiwa, ingin mendapatkan penjelasan kapan peristiwa mengecor pondasi dimulai $E(i)$ dan kapan peristiwa mengecor pondasi selesai $E(j)$, sedangkan *CPM* menekankan keterangan perihal pelaksanaan kegiatan mengecor pondasi dan berapa lama waktu yang diperlukan (D). Meskipun antara terjadinya suatu peristiwa tidak dapat dipisahkan dari kegiatan yang harus dilakukan untuk mencapai atau melahirkan peristiwa tersebut, namun penekanan yang dimiliki masing-masing metode perlu diketahui untuk memahami latar belakang dan maksud pemakaiannya (Soeharto, 1995).



Gambar 3.5 Orientasi ke peristiwa versus ke kegiatan.
(Sumber: Soeharto, 1995)

2. Persamaan dan Perbedaan Penyajian

Soeharto (1995) menyatakan bahwa dalam visualisasi penyajiannya, *PERT* sama halnya dengan *CPM*, yaitu menggunakan diagram anak panah (*activity on arrow*) 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. Waktu demikian diungguli hanya sekali dalam seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

- 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*).

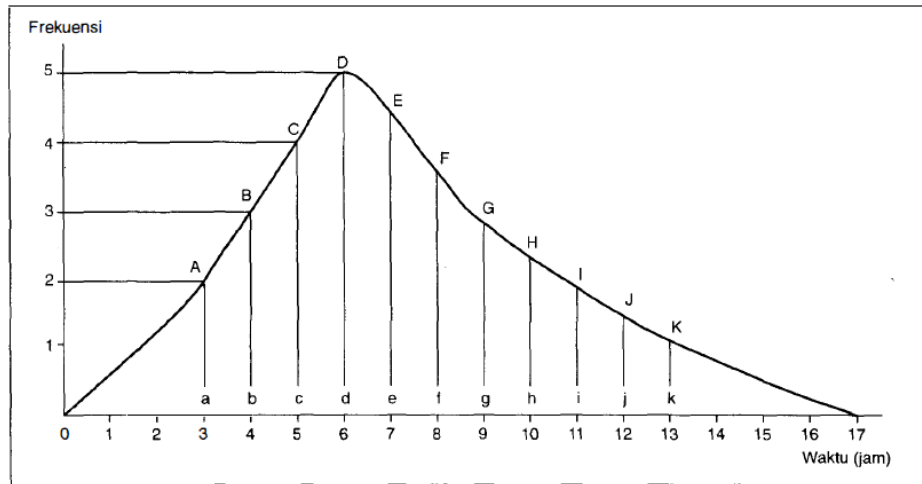
Waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik. Waktu demikian dilampaui hanya sekali dalam seratus kali, bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

3. Teori Probabilitas

Menurut Soeharto (1995), seperti telah disebutkan di atas bahwa tujuan menggunakan tiga angka estimasi adalah untuk memberikan rentang yang lebih lebar dalam melakukan estimasi kurn 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

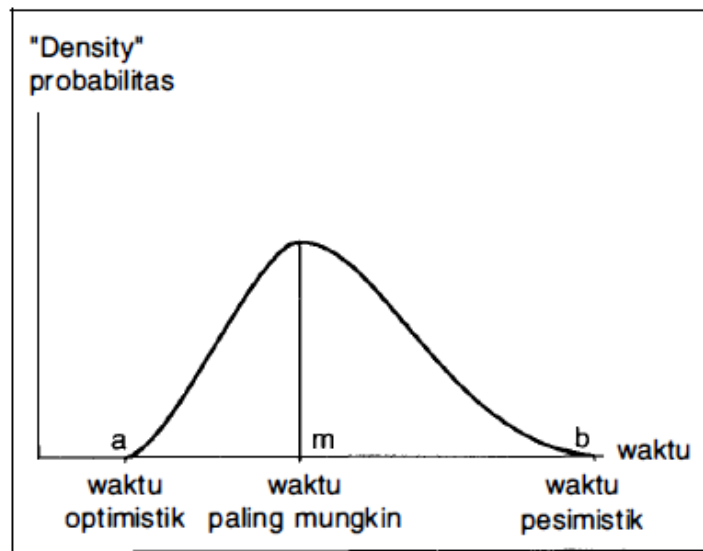
seterusnya akan diperoleh garis lengkung yang disebut Kurva Distribusi Frekuensi Kurun Waktu Kegiatan X.



Gambar 3.6 Kurva distribusi frekuensi
(Sumber: Soeharto, 1995)

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

Soeharto (1995) mengatakan bahwa 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 3.6 di bawah ini pada umumnya berbentuk asimetris dan disebut Kurva Beta.



Gambar 3.7 Kurva distribusi asimetris (beta) dengan a , m , dan b
(Sumber: Soeharto, 1995)

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 (*expected duration time*). 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, seperti terlihat pada Gambar 3.7 di bawah ini. 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

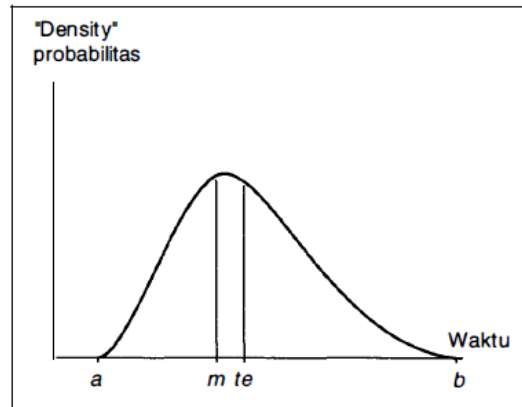
Kurun waktu pesimistik (b) = 9 hari

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 *CPM* dalam mengidentifikasi jalur kritis, *float*, dan lain-lain.



Gambar 3.8 Kurva distribusi dengan letak a , b , m dan te .

(Sumber: Soeharto, 1995)

6. Estimasi Angka-angka a , b dan m

Menurut Soeharto (1995), sama halnya dengan *CPM*, 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 (*historical record*), maka data demikian akan berguna untuk bahan perbandingan dan banyak membantu mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan. Dengan syarat data-data tersebut cukup banyak secara kuantitatif dan kondisi kedua peristiwa yang bersangkutan tidak banyak berbeda.

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, ataupun

terhadap jadwal proyek secara keseluruhan. 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 *te* 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 CPM, seperti:

$$(TE) - j = (TE) - i + te(i - j)$$

$$(TL) - i = (TL) - j - te(i - j)$$

Pada jalur kritis berlaku:

$$Slack = 0 \quad \text{atau} \quad (TL) - (TE) = 0$$

dengan:

TE = waktu paling awal peristiwa terjadi, dan

TL = waktu paling akhir peristiwa terjadi.

Untuk rangkaian kegiatan-kegiatan lurus (tanpa cabang), misalnya terdiri dari tiga kegiatan dengan masing-masing $te(1-2)$, $te(2-3)$, $te(3-4)$ dan $(TE)-1$ sebagai peristiwa awal, maka total kurun waktu sampai $(TE)-4$ adalah:

$$(TE)-4 = (TE)-1 + te(1-2) + te(2-3) + te(3-4).$$

Sedangkan untuk rangkaian yang memiliki kegiatan-kegiatan yang bergabung atau memencar, juga berlaku rumus-rumus pada metode *CPM*.

8. Deviasi Standar Kegiatan dan Varians Kegiatan

Menurut Soeharto (1995), estimasi kurun waktu kegiatan metode *PERT* memakai rentang waktu dan bukan satu kurun 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 3.4). Akan dikaji berapa besar deviasi standar dan varians masing-masing kegiatan tersebut, bila memiliki angka-angka a dan b yang berbeda.

Tabel 3.3 Kegiatan A dan B dengan te sama besar = 6

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

(Sumber: Soeharto, 1995)

Kegiatan A

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

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

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

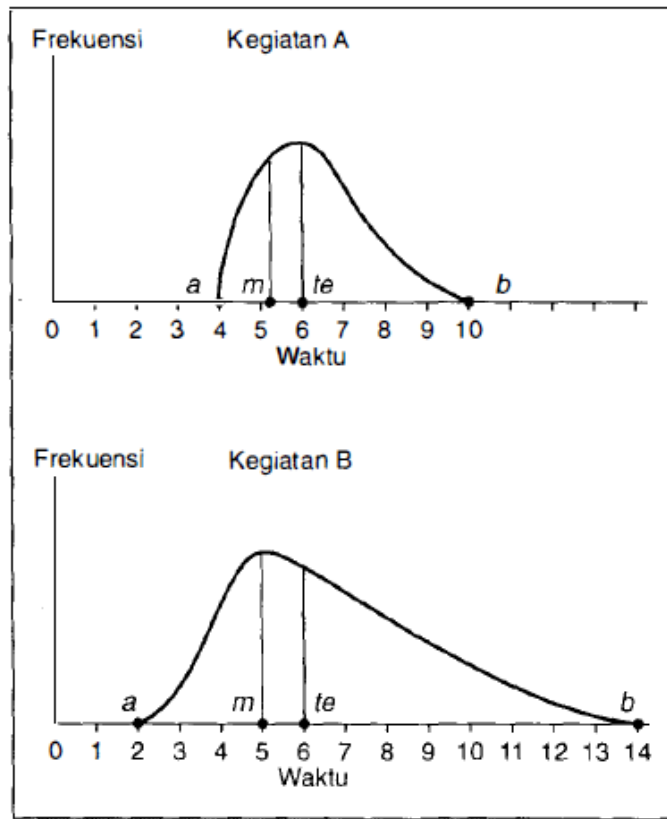
Kegiatan B

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

$$S = 2$$

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

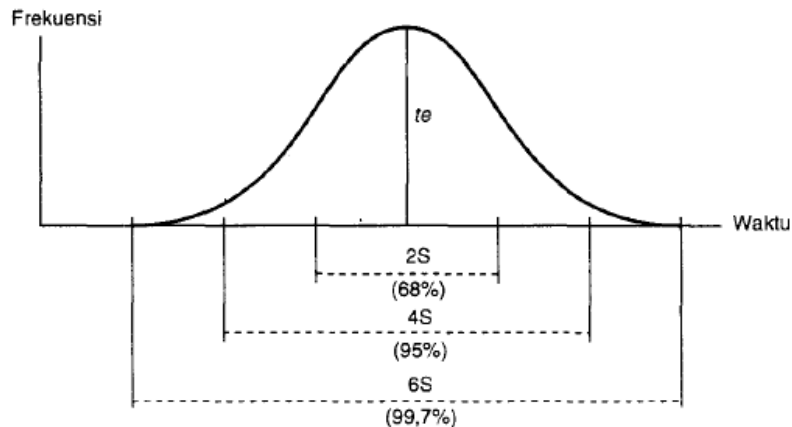
Dari contoh di atas terlihat bahwa meskipun kegiatan A dan B memiliki *te* sama besarnya, tetapi besar rentang waktu untuk A ($10-4 = 6$) jauh berbeda dibanding B ($14-2 = 12$). Ini berarti kegiatan B mempunyai derajat ketidakpastian lebih besar dibanding kegiatan A dalam kaitanya dengan estimasi kurun waktu. Gambar 3.10 memperlihatkan bila contoh di atas disajikan dengan grafik.



Gambar 3.9 Derajat ketidakpastian berbeda meskipun memiliki angka te yang sama besarnya
(Sumber: Soeharto, 1995)

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

Menurut Soeharto (1995), 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 3.11.



Gambar 3.10 Kurva distribusi untuk peristiwa/kejadian, disebut kurva distribusi normal dan berbentuk gema

(Sumber: Soeharto, 1995)

Sifat-sifat kurva distribusi normal adalah:

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

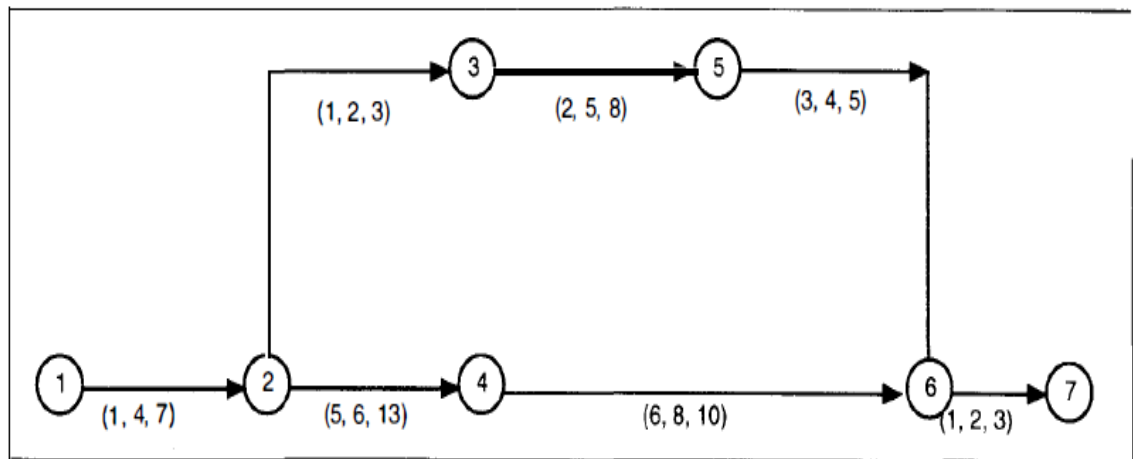
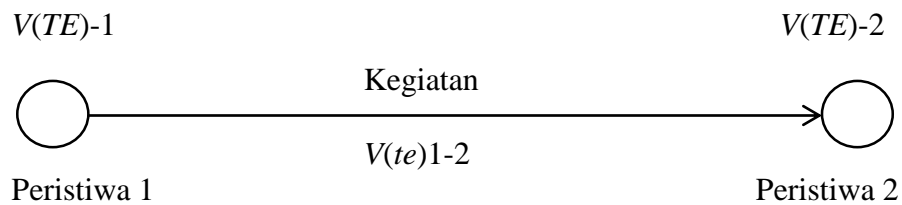
$$V(TE)-2 = V(TE)-1 + V(te)1-2$$
- Bila terjadi penggabungan kegiatan-kegiatan, total $V(TE)$ diperoleh dari perhitungan pada jalur dengan kurun waktu terpanjang, atau varians terbesar.

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

Tabel 3.4 Tabulasi S dan V

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

(Sumber: Soeharto, 1995)

Gambar 3.11 Jaringan kerja dengan te dan v pada masing-masing kegiatan sesuai Tabel 3.6

(Sumber: Soeharto, 1995)

Menghitung Varians (V) dan Deviasi Standar (S)

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

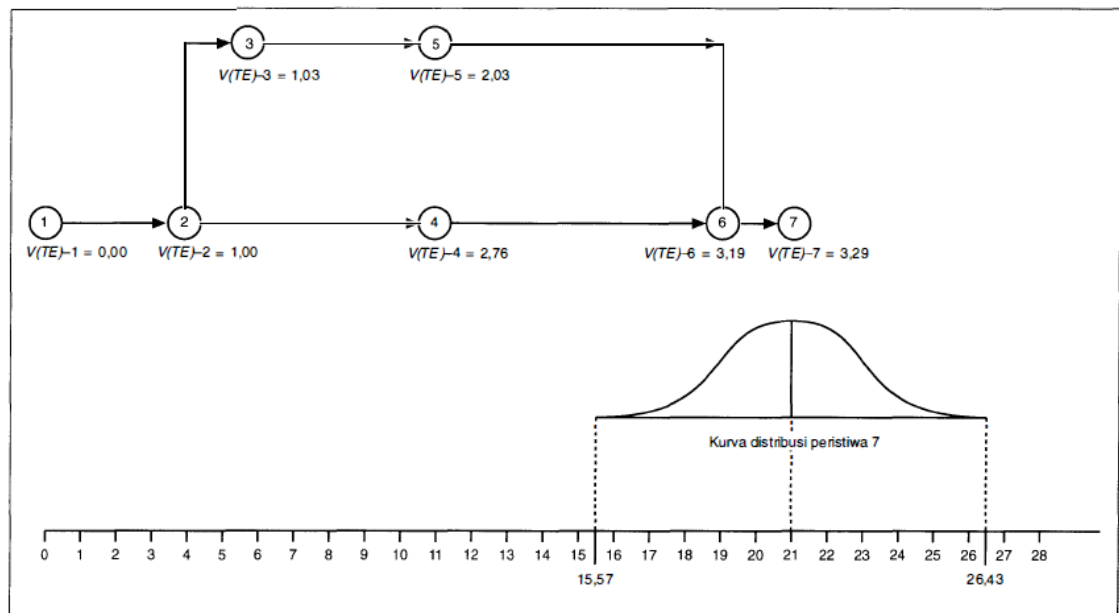
$$V = S^2$$

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 3.13 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 3.12 Mengkaji peristiwa selesainya proyek dan kurva distribusi yang bersangkutan
(Sumber: Soeharto, 1995)

10. Target Jadwal Penyelesaian (TD)

Menurut Soeharto (1995), pada 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 3.12. 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 Soeharto (1995), 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 $TE =$ jumlah te 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 $V(TE) =$ Jumlah $V(te)$ kegiatan kritis.

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

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

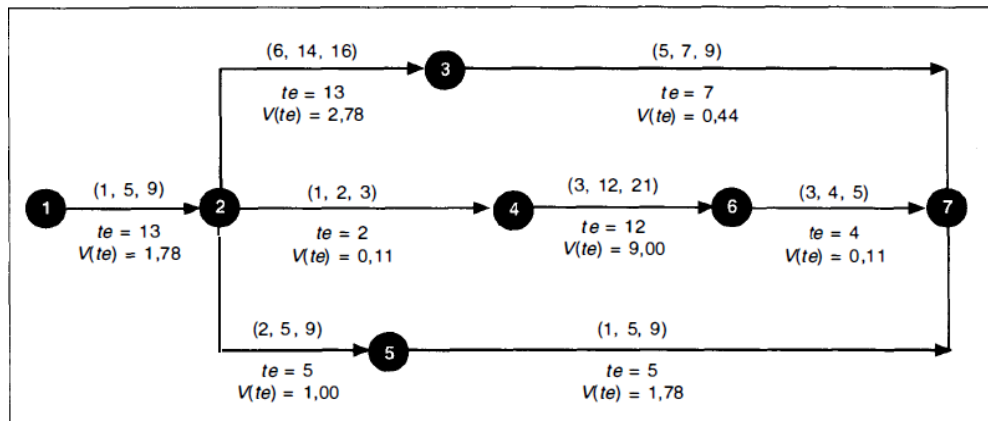
- f. Dengan menggunakan tabel *cummulative normal distribution function* akan dapat ditentukan kemungkinan (%) proyek selesai pada target $T(d)$.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, *TE* kecuali sebagai peristiwa akhir proyek juga dapat berupa *milestone* atau peristiwa penting lain yang terjadi selama proyek berlangsung.

12. Jalur Kritis, Subkritis serta Perbandingan *PERT* vs *CPM*

Menurut Soeharto (1995), pada bab terdahulu yang membahas kurun waktu penyelesaian proyek dengan metode *CPM* telah disebutkan adanya jalur kritis dan jalur hampir kritis atau subkritis. Selanjutnya dijelaskan perlunya pengamatan dan analisis yang seksama atas jalur tersebut. Pada metode *PERT*, pengamatan dan analisis atas jalur kritis dan subkritis justru lebih ditekankan lagi. Hal ini terlihat pada waktu menganalisis deviasi standar, varians tiap kegiatan pada jalur kritis dijumlahkan, dan dihitung akar padanya untuk mendapatkan angka deviasi standar peristiwa yang dimaksudkan (titik peristiwa *milestone* atau selesainya proyek). Seandainya total varians jalur subkritis lebih besar dengan angka perbedaan yang cukup substansial dari angka total varians di jalur kritis, sedangkan angka *Te* antara keduanya tidak terlalu besar, maka oleh sesuatu sebab ada kemungkinan jalur subkritis akan berubah menjadi kritis, seperti ditunjukkan oleh contoh di Gambar 3.14 dan Tabel 3.6.

Salah satu prosedur yang dikenal sebagai *Simulasi Montecarlo* dengan menggunakan komputer, dapat memperbaiki masalah identifikasi jalur kritis dan subkritis. Masing-masing kegiatan dianggap memiliki kurva distribusi beta dan kurun waktu kegiatan dipilih secara acak (*random*). Kemudian jalur yang terbentuk dari rangkain kegiatan tersebut di atas memiliki kurun waktu terpanjang diidentifikasi dan dicatat kurun waktu maupun komponen kegiatannya. Prosedur di atas dilakukan ribuan kali sehingga dapat diamati kemungkinan berapa kali suatu kegiatan terletak pada jalur kritis. Berdasarkan pengamatan ini disusun distribusi waktu penyelesaian proyek dan deviasi standar yang diperoleh dari simulasi ini lebih akurat dibanding dengan pendekatan konvensional yang telah dibahas terdahulu.



Gambar 3.13 Jaringan kerja dengan jalur kritis dan subkritis
(Sumber: Soeharto, 1995)

Tabel 3.5 Jalur kritis dan subkritis

Jenis Jalur	Total Waktu T_e	Total Varians $V(te)$
Jalur kritis : 1-2-3-7	25	5,0
Jalur subkritis : 1-2-4-6-7	23	11,0
Jalur nonkritis : 1-2-5-7	15	4,56

(Sumber: Soeharto, 1995)

13. Kritik Terhadap PERT

Menurut Soeharto (1995), dari pembahasan metode *PERT* secara garis besar terlihat bahwa ketepatan hasil analisis untuk menentukan peristiwa penyelesaian proyek maupun konsep deviasi standar untuk melihat berapa jauh kemungkinan mencapai target, semua itu tergantung dari ketepatan dalam memilih angka-angka tiga estimasi a , m , dan b .

Di sinilah acap kali dialamatkan kritik yang berhubungan dengan metode *PERT*. Sering dijumpai estimator menggunakan angka-angka yang jauh dari realistis karena kurang pengalaman dalam bidangnya. Hasil perhitungan akhir akan jauh berbeda hanya karena estimator yang satu bersikap optimis dan yang lainnya konservatif.

14. Perbandingan *PERT* Versus *CPM*

Menurut Soeharto (1995), jika mengetahui kedua metode *CPM* dan *PERT*, maka dapat dibandingkan, aspek-aspek apa yang perlu diberi perhatian lebih besar dalam aplikasinya. Dengan demikian memberikan pegangan dalam memilih metode mana yang hendak dipakai untuk merencanakan dan menyusun jadwal berbagai macam proyek. Seperti telah dijelaskan di bab terdahulu, keduanya termasuk klasifikasi diagram AOA (*Activity on Arrow*). Tabel 3.7 menunjukkan beberapa ciri dari kedua metode tersebut.

Satu hal lagi mengenai kedua metode tersebut adalah dengan adanya faktor varians maka pada *PERT* perlu diperhatikan jalur subkritis karena oleh sesuatu sebab mungkin menjadi kritis dengan segala akibatnya. Ini tidak ada dalam *CPM*.

Tabel 3.6 Perbandingan *PERT* versus *CPM* untuk beberapa penomena

No	Fenomena	<i>CPM</i>	<i>PERT</i>
1	Estimasi kurun waktu kegiatan	Deterministik, satu angka	Probabilistik, tiga angka
2	Arah orientasi	Ke kegiatan	Ke peristiwa/kejadian
3	Identifikasi jalur kritis dan <i>float</i>	Dengan hitungan maju dan mundur	Cara sama dengan <i>CPM</i>
4	Kurun waktu penyelesaian <i>milestone</i> atau proyek	Ditandai dengan satu angka tertentu	Angka tertentu ditambah varians
5	Kemungkinan (<i>probability</i>) mencapai target jadwal	Hitungan/analisis untuk maksud tersebut tidak ada	Dilengkapi cara khusus untuk itu
6	Menganalisis jadwal yang ekonomis	Prosedurnya jelas	Mungkin perlu dikonversikan ke <i>CPM</i> dahulu

(Sumber: Soeharto, 1995)

15. Langkah-langkah Pengerjaan Metode *PERT*

Menurut Maharesi (2002), berikut ini akan diberikan prosedur metode *PERT* dengan langkah-langkah untuk mendapatkan solusi *analysis network*:

- a. Buat *network* (diagram panah) dari proyek.

- b. Memperkirakan durasi dari setiap kegiatan dengan memperkirakan waktu tercepat (optimis, a), waktu terlama (pesimis, b) dan waktu yang paling mungkin terjadi (m). Dengan tiga perkiraan itu, distribusi dari durasi suatu kegiatan dapat diasumsikan mengikuti distribusi normal yang simetris atau tidak simetris.
- c. Menghitung nilai rata-rata (ekspektasi) durasi dari setiap kegiatan dengan formula:

$$D_{ij} = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (3.5)$$

- d. Menghitung variasi dari durasi untuk setiap kegiatan dengan formula:

$$\sigma_{ij}^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \quad (3.6)$$

- e. Menghitung nilai ES_i , *Earliest Start* di setiap *event* dan σ_{ES_i} dengan menggunakan formula:

$$ES_i = \max \{ES \text{ sebelum } i + D_{(\text{sebelum } i, i)}\} \text{ dan deviasi standardnya,} \quad (3.7)$$

$$\sigma_{ES_i} = \sqrt{Var(ES_i)} = \sqrt{\sum \sigma^2(\text{sebelum } i, i)}$$

yaitu jumlah variasi durasi kegiatan yang menuju *event* i .

- f. Menghitung LC_j , *Latest Completion* di setiap titik (*event*) dengan menggunakan formula:

$$LC_j = \min \{Lc_{\text{sesudah}} - D(j, \text{sesudah } j)\} \quad (3.8)$$

- g. Menghitung nilai *slack* untuk setiap titik (*event*), dengan formula:

$$SL_j = LC_j - ES_j \quad (3.9)$$

- h. Menentukan jalur kritis dari diagram *network* dengan memperhatikan dipenuhinya hubungan SL, ES, LC pada *event* i dan j. Angaplah *event* i berlabel lebih kecil dari pada *event* j sehingga dan ketentuan berikut harus dipenuhi:

$$SL_i = LC_i - ES_i = SL \text{ event terakhir}$$

$$SL_j = LC_j - ES_j = SL \text{ event terakhir}$$

$$ES_j - ES_i = SL_j - SL_i = D_{ij}$$

Pada syarat pertama SL *event* terakhir diambil = 0, karena pada titik akhir biasanya nilai LC diambil sama dengan nilai ES-nya. Selain itu nilai SL dapat bernilai positif jika semua pekerjaan yang berakhir di titik i atau j selesai lebih awal dari waktu paling lambat yang diperbolehkan (karena tidak berakibat pada penundaan waktu penyelesaian kegiatan kritis), bernilai 0 jika semua pekerjaan yang berakhir di titik i atau j selesai tepat sama dengan waktu paling lambat yang diperbolehkan dan bernilai negatif jika semua pekerjaan yang berakhir di titik i atau j selesai lebih lambat dari waktu paling lambat yang diperbolehkan.

- i. Menghitung nilai $x(k)$ sedemikian hingga probabilitas selesainya semua kegiatan di *event* k sesuai atau sebelum jadwal adalah:

$$P(ES_i \leq Jd(i)) = P(Z \leq x(i)) = \int_{-x}^{x(i)} n(0,1) dt \quad (3.10)$$

$$\text{dengan } x(i) = \frac{Jd(i) - ES_i}{\sigma_{ES_i}}$$

3.4 Alat Bantu Software

1. *Microsoft Project*,
2. *Primavera Project Planner*,
3. *Microsoft Excel*,
4. *Project Workbench*,
5. *Time Line*,
6. *Primavera Sure Trak*,
7. *CA Super Project*,
8. *Project Schedule*,
9. *Artimes Prestige*, dan
10. *Fastract*.

Dari kesepuluh *software* pendukung tersebut, penelitian menggunakan *Microsoft Excel* sebagai alat bantu untuk menentukan waktu penyelesaian proyek dan mencari lintasan kritis.

3.4.1 Duration

Duration dimasukkan setelah jenis pekerjaan dimasukkan ke dalam *ganttable*. Pada durasi, ada satuan-satuan waktu seperti tahun (y), bulan (mo), minggu (w), hari (d), jam (h), menit (m). setiap pekerjaan harus mempunyai durasi meskipun nol. Kegiatan/pekerjaan yang berdurasi sama dengan nol, seringkali disebut *milestone*. Tampilan *milestone* seperti belah ketupat. *Milestone* hanya sebagai tanda posisi pekerjaan agar dapat diketahui dengan mudah.

3.4.2 Penjadwalan

Pada penjadwalan akan ditetapkan hubungan antar tugas pada suatu proyek yang biasa disebut dengan *predecessors*. Hal ini dilakukan setelah jenis pekerjaan dan durasi dimasukkan. Setelah hubungan antar tugas ditetapkan, gambar atau potret proyek keseluruhan akan nampak, sehingga dapat dilihat lintasan kritis.

3.4.3 Network Diagram

Setelah semua jenis pekerjaan, durasi dan *predecessors* dimasukkan, langkah selanjutnya adalah melihat *network*/lintasan/kegiatan kritis yang

dihasilkan. *Network diagram* merupakan salah satu cara untuk menyusun perencanaan proyek dengan lebih leluasa.

Pada prinsipnya, *network diagram* akan menunjukkan hubungan antara pekerjaan satu dengan yang lain dalam sebuah proyek, termasuk jalur kritisnya.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah Hotel Bhayangkara di Malioboro Yogyakarta, sedangkan subjek yang ditinjau adalah analisis penjadwalan ulang Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara dengan menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*).

4.2 Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian ini, pengambilan data dibedakan menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer

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 bias dengan wawancara (*interview*).

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.

Dalam melakukan penelitian ini, digunakan metode wawancara langsung untuk mendapatkan data primer dan meminta data-data proyek dari otoritas yang mngerjakan Pembangunan Hotel Bhayangkara untuk mendapatkan data sekunder.

4.3 Variabel Penelitian

Variable yang digunakan adalah durasi lama pelaksanaan kegiatan yang terdiri dari sebagai berikut.

1. Durasi Optimis = a

Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan lancar,

2. Durasi pesimis = b

Waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik, dan

3. Durasi paling memungkinkan = m

Kurun waktu yang paling sering terjadi disbanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hamper sama.

4.4 Jenis Data

Dalam penelitian ini, jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari pihak yang terkait pada Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara. Data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut.

1. *Time schedule existing* proyek pada pekerjaan struktur
2. Wawancara pada pihak proyek durasi optimis, durasi pesimis dan durasi yang paling memungkinkan pelaksanaan proyek.

4.5 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan atau analisis data menggunakan metode penjadwalan PERT dengan bantuan *software Microsoft Excel 2010* untuk menghitung waktu yang diharapkan (TE) dan untuk membuat *network planning* dan menentukan waktu pelaksanaan proyek.

Tahapan pembuatan penjadwalan dengan metode PERT sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi aktivitas dan waktu tempuhnya
2. Menetapkan urutan pengerjaan dari aktivitas yang telah direncanakan
4. Menghitung durasi untuk setiap aktivitas
5. Menetapkan jalur kritis (PERT)

4.6 Lokasi Penelitian

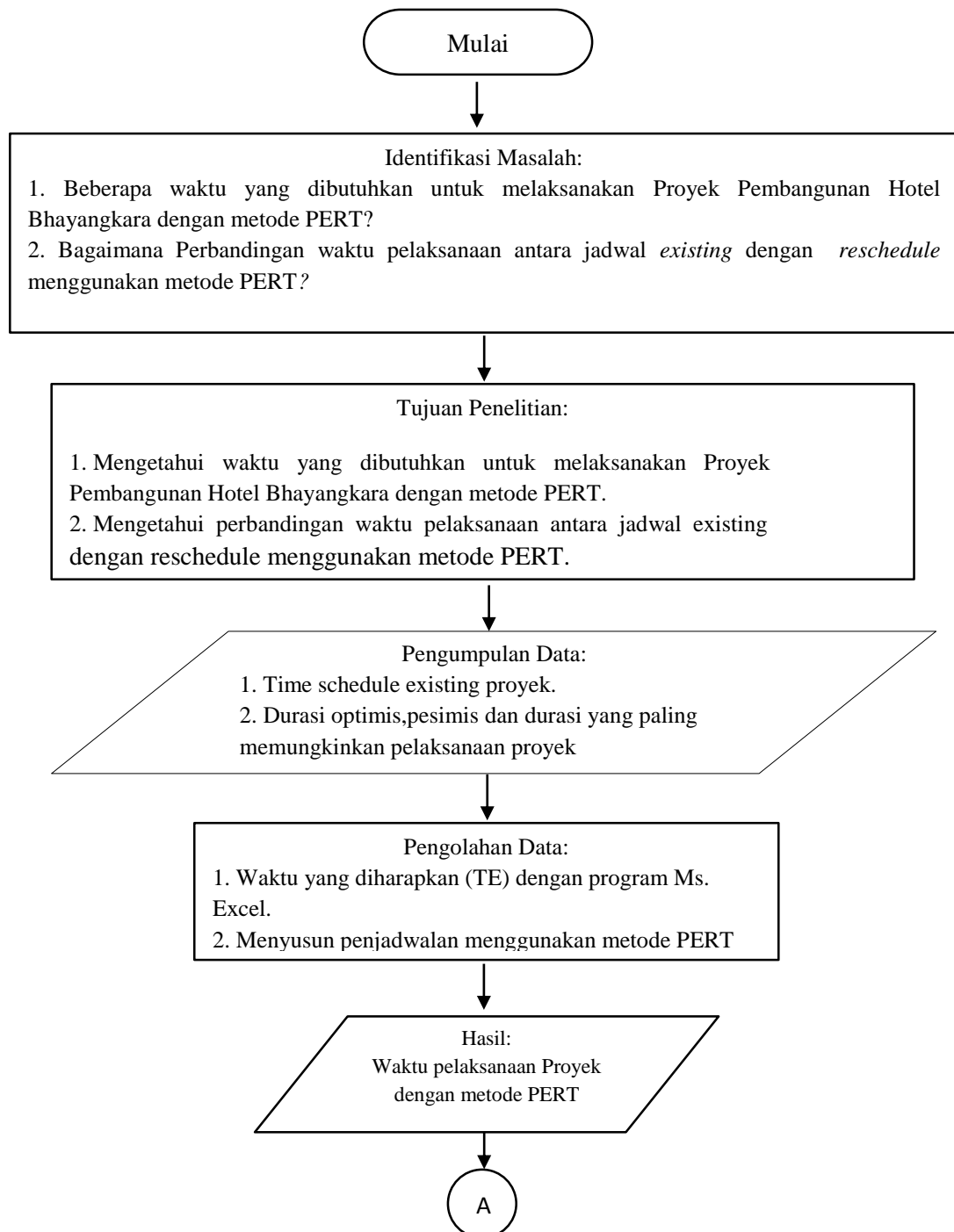
Berikut lokasi Proyek Pembangunan Hotel Bhayangkara di Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 4.1.

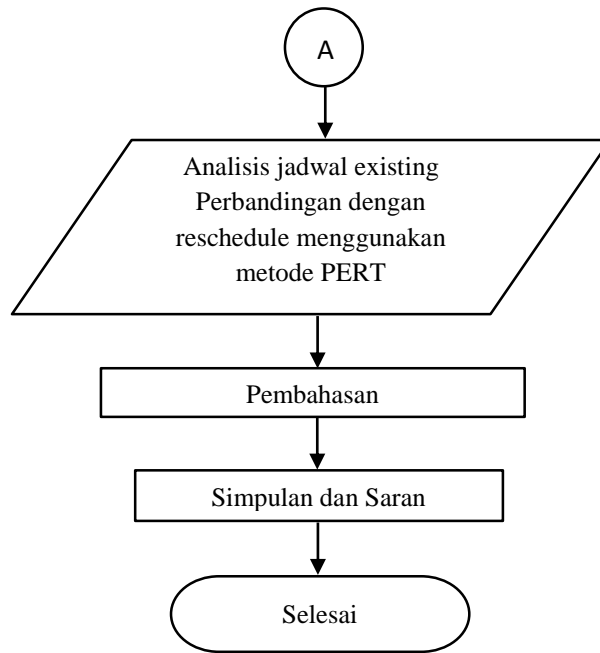


Gambar 4.1 Jalan Bhayangkara No.13 Ngampilan Yogyakarta
(Sumber: <http://www.google.co.id/maps>)

4.7 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan dengan diagram alir pada gambar 4.2 berikut ini.





Gambar 4.2 Diagram alir tahapan penelitian

BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Data penelitian diambil dari Proyek Hotel Bhayangkara yang merupakan hasil wawancara dengan pelaksana proyek dalam hal ini pengawas struktur (3 Orang). Asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut: durasi optimis (a), durasi pesimis (b) adalah durasi yang diperkirakan dengan mempertimbangkan kendala yang muncul serta berdasarkan pengalaman pelaksana proyek, dan durasi yang paling mungkin (m). Ada beberapa kendala yang menjadi pertimbangan, seperti faktor cuaca, lingkungan, tenaga kerja, alat, material, dan manajemen dalam memperkirakan durasi pesimis di proyek tersebut. Berikut Tabel 5.1

Tabel 5.1 Data durasi optimis (a), durasi pesimis (b), durasi paling mungkin (m)

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)		
		a	b	m
A	PILECAP			
1	Perapihan pilecap	4	8	6
2	Lantai Kerja Pilecap	0.5	4.5	2
3	Pasangan bekisting pilecap	1	5	2
4	Pembesian pondasi pilecap	4	8	5.5
5	Pengecoran pilecap	1	5	2
B	SLOOF PILECAP			
1	Perapihan	1	5	3
2	Lantai kerja	0.5	4.5	2
3	Pasangan bekisting	2	6	3
4	Besi	1	5	2
5	Cor	1	5	2

Lanjutan Tabel 5.1 Data durasi optimis (a), durasi pesimis (b), durasi paling mungkin (m)

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)		
		a	b	m
C	Kolom Lantai 1			
1	Besi	7	10	7
2	Bekisting	3	7	5
3	Cor	1	5	2
D	Plat Lantai 1			
1	Besi	2	6	4
2	Bekisting	4	8	6
3	Cor	1	5	3
E	Kolom lantai 2			
1	Besi	5	9	7
2	Bekisting	3	7	5
3	Cor	1	5	2
F	Plat Lantai 2			
1	Bekisting	3	7	5
2	Besi	7	11	9
3	Cor	1	5	2
G	Kolom Lantai 3			
1	Besi	6	10	7
2	Bekisting	4	8	3
3	Cor	1	5	2
H	Plat Lantai 3			
1	Bekisting	3	7	5
2	Besi	5	9	6
3	Cor	1	3	1
I	Kolom Lantai 4			
1	Besi	6	10	8
2	Bekisting	6	10	8
3	Cor	1	5	3

Lanjutan Tabel 5.1 Data durasi optimis (a), durasi pesimis (b), durasi paling mungkin (m)

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)		
		a	b	m
J	Plat Lantai 4			
1	Bekisting	5	9	7
2	Besi	6	10	8
3	Cor	1	5	3
K	Kolom Lantai 5			
1	Besi	5	9	7
2	Bekisting	6	10	8
3	Cor	1	5	3
L	Plat Lantai 5			
1	Bekisting	6	10	8
2	Besi	6	10	8
3	Cor	1	5	3
M	Kolom Lantai Atap			
1	Besi	6	10	8
2	Bekisting	6	10	8
3	Cor	1	5	3
N	Plat Lantai Atap			
1	Besi	6	10	8
2	Bekisting	6	10	8
3	Cor	1	5	3
O	Atap			
1	Kuda- Kuda	5	9	7
2	Pemasangan Genteng	2	5	7

5.2 Analisis Durasi Yang Diharapkan (TE)

5.2.1 Durasi yang Diharapkan (TE) Pada Pekerjaan Rincian

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*). 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 pembesian pondasi pilecap.

Durasi optimis (a) = 4 hari

Durasi pesimis (b) = 8 hari

Durasi paling mungkin (m) = 5,5 hari

maka,

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

$$= \frac{4 + 4 \cdot 5,5 + 8}{6}$$

$$= 6 \text{ hari}$$

2. Perhitungan TE untuk pekerjaan pembesian sloof pilecap.

Durasi optimis (a) = 1 hari

Durasi pesimis (b) = 5 hari

Durasi paling mungkin (m) = 2 hari

maka,

$$\begin{aligned}
 TE &= \frac{a + 4m + b}{6} \\
 &= \frac{1 + 4.2 + 5}{6} \\
 &= 3 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan durasi yang diharapkan (TE) dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rekapitulasi durasi yang diharapkan (TE) pada pekerjaan rincian

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)			
		a	b	m	TE
A	PILECAP				
1	Perapihan pilecap	4	8	6	5
2	Lantai Kerja Pilecap	0.5	4.5	2	1.42
3	Pasangan bekisting pilecap	1	5	2	1.83
4	Pembesian pondasi pilecap	4	8	5.5	4.92
5	Pengecoran pilecap	1	5	2	1.83
B	SLOOF PILECAP				
1	Perapihan	1	5	3	2.00
2	Lantai kerja	0.5	4.5	2	1.42
3	Pasangan bekisting	2	6	3	2.83
4	Besi	1	5	2	1.83
5	Cor	1	5	2	1.83
C	Kolom Lantai 1				
1	Bei	7	10	7	7.50
2	Bekisting	3	7	5	4.00
3	Cor	1	5	2	1.83

Tabel 5.2 Rekapitulasi durasi yang diharapkan (TE) pada pekerjaan rincian

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)			
		a	b	m	TE
D	Plat Lantai 1				
1	Besi	2	6	4	3.00
2	Bekisting	4	8	6	5.00
3	Cor	1	5	3	2.00
E	Kolom lantai 2				
1	Besi	5	9	7	6.00
2	Bekisting	3	7	5	4.00
3	Cor	1	5	2	1.83
F	Plat Lantai 2				
1	Bekisting	3	7	5	4.00
2	Besi	7	11	9	8.00
3	Cor	1	5	2	1.83
G	Kolom Lantai 3				
1	Besi	6	10	7	6.83
2	Bekisting	4	8	3	4.50
3	Cor	1	5	2	1.83
H	Plat Lantai 3				
1	Bekisting	3	7	5	4.00
2	Besi	5	9	6	5.83
3	Cor	1	3	1	1.33
I	Kolom Lantai 4				
1	Besi	6	10	8	7.00
2	Bekisting	6	10	8	7.00
3	Cor	1	5	3	2.00

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi durasi yang diharapkan (TE) pada pekerjaan rincian

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)			
		a	b	m	TE
J	Plat Lantai 4				
1	Bekisting	5	9	7	6.00
2	Besi	6	10	8	7.00
3	Cor	1	5	3	2.00
K	Kolom Lantai 5				
1	Besi	5	9	7	6.00
2	Bekisting	6	10	8	7.00
3	Cor	1	5	3	2.00
L	Plat Lantai 5				
1	Besi	6	10	8	7.00
2	Bekisting	6	10	8	7.00
3	Cor	1	5	3	2.00
M	Kolom Lantai 6				
1	Besi	6	10	8	7.00
2	Bekisting	6	10	8	7.00
3	Cor	1	5	3	2.00
N	Plat Lantai 6				
1	Besi	6	10	8	7.00
2	Bekisting	6	10	8	7.00
3	Cor	1	5	3	2.00
O	Atap				
1	Kuda- Kuda	5	9	7	6.00
2	Pemasangan Genteng	2	5	7	3.33

5.2.2 Durasi yang Diharapkan (TE) Pada Pekerjaan Utama

Dalam analisis penjadwalan ulang pada tugas akhir ini, durasi yang digunakan yaitu durasi pekerjaan utama. Durasi pekerjaan utama didapat dari hasil durasi yang diharapkan (TE) pada pekerjaan rincian yang dihitung dengan metode Bar-Chart

dengan bantuan *software* Microsoft Excel. Berikut contoh perhitungan durasi pekerjaan utama.

1. Pekerjaan kolom lantai 1.

Durasi (TE) masing-masing pekerjaan rincian adalah:

- a. Pembesian = 8 hari
- b. Pemasangan bekisting = 3 hari
- c. Pengecoran = 2 hari

Perhitungan durasi pekerjaan utama dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perhitungan durasi pekerjaan utama kolom lantai basement

C	Kolom lantai 1											
1	Pembesian	7	11	9	8.00	8						
2	Bekisting	2	6	4	3.00	3						
3	Cor	1	5	3	2.00	2						

Berdasarkan Tabel 5.3, diperoleh durasi pekerjaan utama kolom lantai basement selama 10 hari.

2. Pekerjaan plat lantai 2.

Durasi (TE) masing-masing pekerjaan rincian adalah:

- a. Pemasangan bekisting = 4 hari
- b. Pembesian = 8 hari
- c. Pengecoran = 2 hari

Perhitungan durasi pekerjaan utama dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Perhitungan durasi pekerjaan utama plat lantai 2

F	Plat Lantai 2											
1	Bekisting	3	7	5	4.00	4						
2	Besi	7	11	9	8.00	8						
3	Cor	1	5	2	1.83	2						

Berdasarkan Tabel 5.4, diperoleh durasi pekerjaan utama plat lantai 2 selama 10 hari. Kemudian, setelah diperoleh durasi yang diharapkan (TE) pada seluruh pekerjaan utama, maka hasil direkapitulasinya dapat dilihat dalam Tabel 5.5.

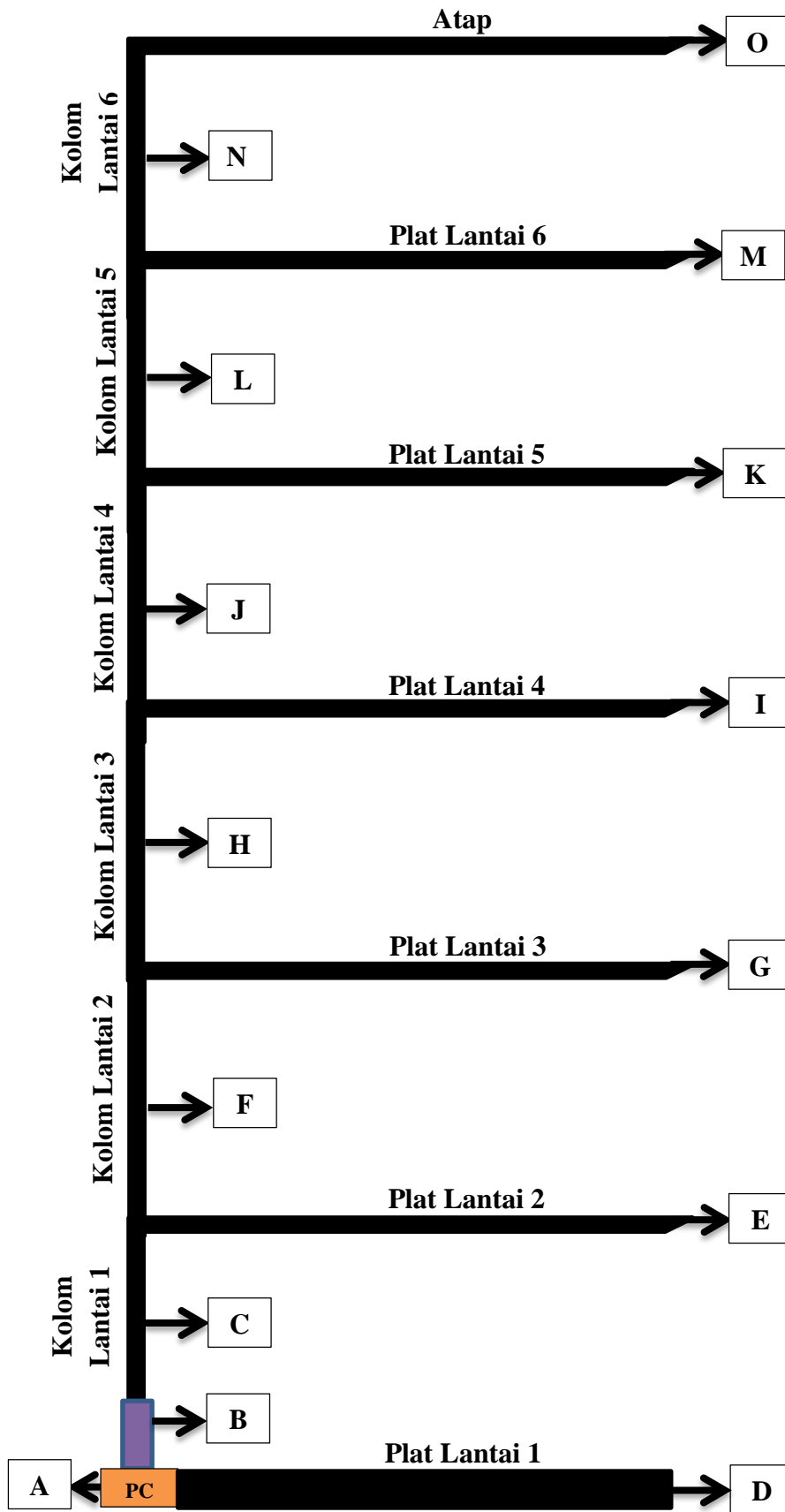
Tabel 5.5 Durasi yang diharapkan (TE) pada pekerjaan utama

No	Pekerjaan Utama	TE (Hari)
1	Pilecap	15
2	Sloof pilecap	10
3	Kolom lantai 1	13
4	Plat lantai 1	10
5	Kolom lantai 2	14
6	Plat lantai 2	14
7	Kolom lantai 3	12
8	Plat lantai 3	12
9	Kolom lantai 4	16
10	Plat lantai 4	15
11	Kolom lantai 5	16
12	Plat lantai 5	16
13	Kolom lantai 6	16
14	Plat Lantai 6	16
15	Atap	10

5.3 Analisis Penjadwalan Proyek

5.3.1 Analisis Penjadwalan dengan *Manual Network Diagram*

Activity on arrow atau *arrow diagram* terdiri dari anak panah dan lingkaran atau segi empat. Anak panah menggambarkan kegiatan atau aktivitas, sedangkan lingkaran atau segi empat menggambarkan kejadian (*event*). Dimulai dengan menyiapkan dan menyusun daftar kegiatan atau pekerjaan dalam rencana proyek dan gambar sketsa proyek. Berikut gambar sketsa bangunan proyek yang akan membantu dalam pembentukan *arrow diagram*.



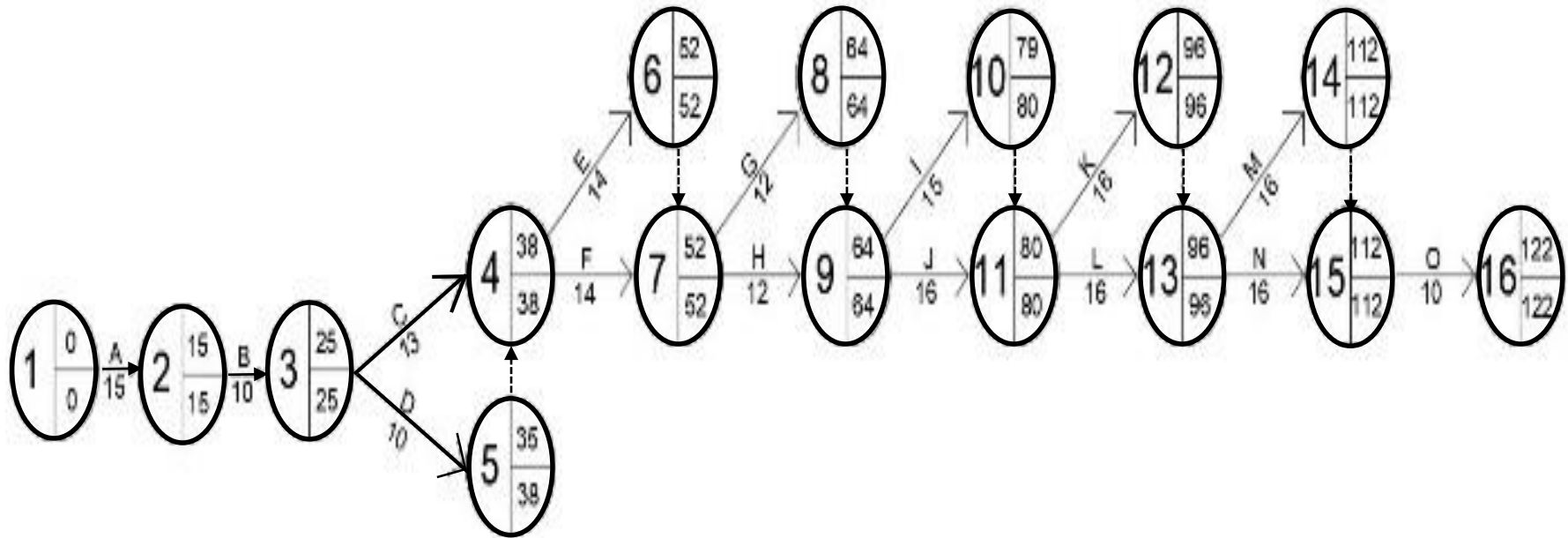
Gambar 5.1 Sketsa gambar proyek Hotel Bhayangkara

Selanjutnya, dari uraian pada Tabel 5.5 dan sketsa gambar proyek disusun menjadi rangkaian kegiatan seperti ditunjukkan pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Rangkaian kegiatan dan durasi pekerjaan

NO	Kegiatan	Deskripsi	Predecessor	Durasi (Hari)
1	A	Pilecap	-	15
2	B	Sloof pilecap	A	10
3	C	Kolom lantai 1	B	13
4	D	Plat lantai 1	B	10
5	E	Plat lantai 2	C	14
6	F	Kolom lantai 2	C,E	14
7	G	Plat lantai 3	F	12
8	H	Kolom lantai 3	F,G	12
9	I	Plat lantai 4	H	15
10	J	Kolom lantai 4	H,I	16
11	K	Plat lantai 5	J	16
12	L	Kolom lantai 5	J,K	16
13	M	Plat lantai 6	L	16
14	N	Kolom Lantai 6	L,M	16
15	O	Atap	N	10

Pada penggambaran *arrow diagram*, kegiatan disimbolkan dengan huruf, sedangkan kejadian disimbolkan dengan angka. Hasil penggambaran *arrow diagram* dan perhitungan durasinya dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 5.2 Gambar jalur kritis proyek

5.3.2 Menghitung Nilai EET (*Earliest Event Time*)

Menghitung besarnya nilai EET digunakan perhitungan ke depan (*Forward Analysis*), mulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya (Ervianto, 2003). Hasil perhitungan nilai EET dalam *arrow diagram*

5.3.3 Menghitung Nilai LET (*Latest Event Time*)

Menghitung besarnya nilai LET digunakan perhitungan ke belakang (*Backward Analysis*), mulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan sebelumnya (Ervianto, 2003). Hasil perhitungan nilai LET

5.3.4 Menentukan Lintasan Kritis

Lintasan kritis dalam suatu proyek adalah lintasan yang memerlukan waktu paling lama untuk menyelesaikan proyek (Ervianto, 2003). Jika mengalami keterlambatan di sepanjang lintasan kritis, maka berakibat pada keterlambatan penyelesaian seluruh pekerjaan proyek. Sebaliknya, jika suatu kegiatan berada di luar lintasan kritis, jika kegiatan tersebut selesai terlambat atau lebih cepat sekalipun tidak akan mempengaruhi total waktu penyelesaian proyek.

D-E-F-H-J-L-M dengan keterangan seperti pada Tabel 5.7. pada *arrow diagram*, setiap *node* yang mempunyai nilai $EET = LET$ dapat dikatakan bahwa *node* tersebut berada dalam lintasan kritis ($EET - LET = 0$).

Tabel 5.7 Pekerjaan pada lintasan kritis

ID Pekerjaan	Pekerjaan	TE	ID Pekerjaan	Pekerjaan	TE
A	Pilecap	15	J	Kolom lantai 4	16
B	Sloof Pilecap	10	K	Plat lantai 5	16
C	Kolom lantai 1	13	L	Kolom lantai 5	15
E	Plat lantai 2	14	M	Plat lantai 6	16
F	Kolom lantai 2	14	N	Kolom lantai 6	16
G	Plat lantai 3	12	O	Atap	10
H	Kolom lantai 3	12			

5.3.5 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 (Soeharto, 1995). 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. Berikut contoh perhitungan deviasi standar dan varians.

1. Nilai deviasi standar dan varians pekerjaan pengecoran plat lantai 1.

Durasi optimis (a) = 2 hari

Durasi pesimis (b) = 6 hari

maka,

$$\begin{aligned} S &= \left(\frac{1}{6}\right) (b-a) \\ &= \left(\frac{1}{6}\right) (6-2) \\ &= 0,667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= S^2 \\ &= 0,667^2 \\ &= 0,445 \end{aligned}$$

2. Nilai deviasi standar dan varians pekerjaan pembesian kolom lantai 3.

Durasi optimis (a) = 6 hari

Durasi pesimis (b) = 10 hari

maka,

$$\begin{aligned} S &= \left(\frac{1}{6}\right) (b-a) \\ &= \left(\frac{1}{6}\right) (10-6) = 0,667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= S^2 \\ &= 0,667^2 \\ &= 0,445 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians pekerjaan rincian dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians pekerjaan rincian

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)			Deviasi Standar (s)	Varians (v)
		a	b	TE		
A	PILECAP					
1	Perapihan pilecap	4	8	5	0.67	0.44
2	Lantai Kerja Pilecap	0.5	4.5	1.42	0.67	0.44
3	Pasangan bekisting pilecap	1	5	1.83	0.67	0.44
4	Pembesian pondasi pilecap	4	8	4.92	0.67	0.44
5	Pengecoran pilecap	1	5	1.83	0.67	0.44
B	SLOOF PILECAP					
1	Perapihan	1	5	2.00	0.67	0.44
2	Lantai kerja	0.5	4.5	1.42	0.67	0.44
3	Pasangan bekisting	2	6	2.83	0.67	0.44
4	Besi	1	5	1.83	0.67	0.44
5	Cor	1	5	1.83	0.67	0.44
C	Kolom Lantai 1					
1	Bekisting	7	10	7.50	0.50	0.25
2	Besi	3	7	4.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	1.83	0.67	0.44
D	Plat Lantai 1					
1	Besi	2	6	3.00	0.67	0.44
2	Bekisting	4	8	5.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	2.00	0.67	0.44
E	Kolom lantai 2					
1	Besi	5	9	6.00	0.67	0.44
2	Bekisting	3	7	4.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	1.83	0.67	0.44

**Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians pekerjaan
rincian**

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)			Deviasi Standar (s)	Varians (v)
		a	b	TE		
F	Plat Lantai 2					
1	Bekisting	3	7	4.00	0.67	0.44
2	Besi	7	11	8.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	1.83	0.67	0.44
G	Kolom Lantai 3					
1	Besi	6	10	6.83	0.67	0.44
2	Bekisting	4	8	4.50	0.67	0.44
3	Cor	1	5	1.83	0.67	0.44
H	Plat Lantai 3					
1	Bekisting	3	7	4.00	0.67	0.44
2	Besi	5	9	5.83	0.67	0.44
3	Cor	1	3	1.33	0.33	0.11
I	Kolom Lantai 4					
1	Besi	6	10	7.00	0.67	0.44
2	Bekisting	6	10	7.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	2.00	0.67	0.44

**Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians pekerjaan
rincian**

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)			Deviasi Standar (s)	Varians (v)
		a	b	TE		
J	Plat Lantai 4					
1	Bekisting	5	9	6.00	0.67	0.44
2	Besi	6	10	7.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	2.00	0.67	0.44
K	Kolom Lantai 5					
1	Besi	5	9	6.00	0.67	0.44
2	Bekisting	6	10	7.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	2.00	0.67	0.44
L	Plat Lantai 5					
1	Bekisting	6	10	7.00	0.67	0.44
2	Besi	6	10	7.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	2.00	0.67	0.44
M	Kolom Lantai 6					
1	Besi	6	10	7.00	0.67	0.44
2	Bekisting	6	10	7.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	2.00	0.67	0.44
N	Plat Lantai 6					
1	Besi	6	10	7.00	0.67	0.44
2	Bekisting	6	10	7.00	0.67	0.44
3	Cor	1	5	2.00	0.67	0.44
O	Atap					
1	Kuda- Kuda	5	9	6.00	0.6	0.36
2	Pemasangan Genteng	2	5	3.33	0.4	0.16

Setelah mendapat nilai deviasi standar dan varians pekerjaan rincian, selanjutnya diambil nilai S dan V yang terbesar sebagai deviasi standar dan varians kegiatan. Berikut rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians kegiatan dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Rekapitulasi nilai deviasi standar dan varians kegiatan

ID Pekerjaan	Pekerjaan	TE	Deviasi Standar (s)	Varians (V)
1	Pilecap	15	3.33	2.22
2	Sloof pilecap	10	3.33	2.22
3	Kolom lantai 1	13	1.83	1.14
4	Plat lantai 1	10	2	1.33
5	Kolom lantai 2	12	2	1.33
6	Plat lantai 2	14	2	1.33
7	Kolom lantai 3	14	2	1.33
8	Plat lantai 3	13	1.67	1
9	Kolom lantai 4	16	2	1.33
10	Plat lantai 4	15	2	1.33
11	Kolom lantai 5	15	2	1.33
12	Plat lantai 5	16	2	1.33
13	Kolom Lantai 6	16	2	1.33
14	Plat Lantai 6	16	2	1.33
15	Atap	10	1	0.52

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) dan total varians (V) kegiatan.

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 (TD), maka asumsikan target penyelesaiannya yaitu $T_d = 210$ hari.

Dihitung z :

$$\begin{aligned} S^2 &= 70,05 \\ Z &= \frac{T(d) - TE}{S^2} = \frac{210 - 122}{70,05} = 1,26 \end{aligned}$$

Dengan angka $z = 1,26$ (lihat pada tabel Apendiks-II) diperoleh angka probabilitas sebesar $0,8849 \times 100\% = 88,49\%$. Hal ini berarti kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target $Td = 210$ hari adalah sebesar 88,49 %.

5.5 PEMBAHASAN

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *PERT* maka didapat waktu yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan struktur proyek yaitu selama 122 hari. Sedangkan pada *time schedule existing* rencana proyek diperlukan waktu selama 210 hari untuk menyelesaikan pekerjaan struktur. Kenyataannya di lapangan, pekerjaan struktur tidak banyak mengalami keterlambatan. Durasi realisasi di lapangan membutuhkan waktu 180 hari. Artinya proyek mengalami percepatan hingga 30 hari.

Durasi yang direncanakan oleh perencana mungkin sudah memikirkan segala kemungkinan terburuk dan kemungkinan terbaik dalam pelaksanaan proyek, walaupun tidak menggunakan tiga estimasi dan juga tidak menggunakan metode apapun, hanyalah metode lapangan atau pengalaman dan sistem kerja *full day* yang digunakan perancang. Maka dari itu perancangan jadwal *existing* proyek kalah cepat dengan perencanaan waktu di lapangan akan tetapi dengan menggunakan metode *PERT* jauh lebih cepat, karena metode ini memakai tiga estimasi waktu, yaitu waktu tercepat (waktu optimis), waktu terlama (waktu pesimis) dan waktu yang paling mungkin untuk melaksanakan pekerjaan. sehingga dalam pengerjaan di lapangan sangat menghindari kemungkinan terburuk itu. Dalam perhitungan yang dilakukan menggunakan metode *PERT* sudah mempertimbangkan kemungkinan yang akan terjadi pada saat pelaksanaan.

Pada analisis deviasi standar kegiatan dan varians kegiatan dijelaskan bahwa semakin kecil nilai varians, maka semakin pasti suatu kegiatan dapat diselesaikan, maupun sebaliknya. Dari analisis yang telah dilakukan, didapat hasil nilai varians terbesar pada pekerjaan pilecap dengan nilai 2,22. Artinya pada pekerjaan pilecap terjadi kemungkinan untuk meleset dari durasi yang direncanakan dan berdasarkan analisis target jadwal penyelesaian diperoleh bahwa kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target $Td = 210$ hari adalah sebesar 88,49%. Namun Perlu

ditekankan di sini bahwa dalam menganalisis kemungkinan tersebut dikesampingkan adanya usaha-usaha tambahan guna mempercepat penyelesaian pekerjaan, misalnya dengan penambahan sumber daya agar para pekerjaan mempunyai waktu untuk beristirahat setidaknya tidak bekerja dengan sistem *fullday*.

Berdasarkan observasi yang dilakukan dengan pelaksana proyek, diketahui bahwa perkiraan keterlambatan pelaksanaan proyek disebabkan oleh beberapa perkiraan faktor, antara lain:

1. Hujan yang sering terjadi menyebabkan penundaan pekerjaan.
2. Kendala pemadatan dan perataan tanah.
3. Ketersediaan dan pengadaan material.
4. Permasalahan dengan warga sekitar lokasi proyek.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

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

1. Penjadwalan tanpa menggunakan metode *PERT* pada pekerjaan struktur menghasilkan waktu pelaksanaan proyek selama 180 hari dan menggunakan metode *PERT* selama 122 hari.
2. Jika melihat perbandingan jadwal rencana struktur menggunakan metode *PERT* dengan jadwal *existing* rencana proyek yaitu selama 88 hari, sedangkan jadwal realisasi proyek selama 30 hari pada pekerjaan struktur, maka jadwal rencana menggunakan *PERT* jauh lebih cepat daripada realisasi pelaksanaan proyek.
3. Kemungkinan (*probability*) proyek selesai pada target yang diinginkan $TD = 210$ hari adalah sebesar 88,49%.

6.2 SARAN

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

1. Lebih baik menggunakan metode *PERT* dalam merencanakan penjadwalan proyek karena metode ini mempertimbangkan segala kemungkinan yang akan terjadi, yang bersifat menghambat pelaksanaan proyek. Metode ini dapat menghasilkan waktu pelaksanaan yang tidak jauh berbeda bahkan bisa lebih cepat dibandingkan dengan waktu realisasi di lapangan.
2. 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.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya meneliti mulai dari pekerjaan pondasi hingga finishing, karena banyaknya faktor-faktor yang berpengaruh diluar pekerjaan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, F. D., 2016, Analisis Penjadwalan Ulang (*Rescheduling*) Proyek dengan Metode Pert, *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Arifudin, R., 2011, Opimalisasi Penjadwalan Proyek dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika, *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan), Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Ervianto, W. I., 2003, Manajemen Proyek Konstruksi, Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Ervianto, W. I., 2004, Teori – Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi, Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Handoko, T. H., 1999, Manajemen, BPFE, Yogyakarta.
- Heizer, J., 2005, Manajemen Produksi dan Operasi, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Herjanto, E., Manajemen Produksi dan Operasi, Jakarta: PT. Grasindo.
- Husen, A., 2008, Manajemen Proyek, Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Kaban, S. S. B. R., 2014, Metode *Project Evaluation and Review Technique* (PERT) dan *Critical Path Method* (CPM) dalam Optimalisasi Penjadwalan Proyek, *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan), Universitas Sumatera Utara Medan.
- Kerzner, H., 2006, Panduan Aplikasi Proyek Kontruksi, Yudhistira, Jakarta.
- Maharesi, R., 2002, Penjadwalan Proyek dengan Menggabungkan Metode PERT dan CPM, *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan), Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Pardede, S. F., 2014, Analisis Anggaran Biaya dan Waktu Optimal dengan *Least Cost Scheduling*, *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan), Universitas Sumatera Utara, Medan.

Praboyo, 1999, Prinsip-prinsip Manajemen Proyek, Yudhistira, Jakarta.

Ridho, M. R., dan Syahrizal., 2014, Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan Di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara), *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan), Universitas Sumatera Utara, Medan.

Rifani, H. A., 2009, Perhitungan Penjadwalan Ulang dengan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor PT PLN), *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Siswanto, 2007, Pengantar Manajemen, Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Soeharto, I., 1995, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional, Penerbit Erlangga: Jakarta.

Tjaturono, 2004, Penerapan Manajemen Proyek Kontruksi, Kompas, Semarang.

Hira, N. Abuja, S. P. Dozzi, dan S. M. Abourizk, *Project Management Technique in Planning and Controlling Construction Project*, New York: John Wiley and sons. Inc

LAMPIRAN

