

**PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PROGRAM  
EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE DAN  
CRITICAL PATH METHOD PADA PT CESCO  
OFFSHORE AND ENGINEERING**

**SKRIPSI**



Oleh  
**Desi Ratna Sari**  
150410039

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER  
UNIVERSITAS PUTERA BATAM  
TAHUN 2019**

**PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PROGRAM  
EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE DAN  
CRITICAL PATH METHOD PADA PT CESCO  
OFFSHORE AND ENGINEERING**

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar sarjana**



**Oleh  
Desi Ratna Sari  
150410039**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER  
UNIVERSITAS PUTERA BATAM  
TAHUN 2019**

## SURAT PENYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, dan/atau magister), baik di Universitas Putera Batam maupun di perguruan tinggi lain.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Batam, 10 September 2019  
Yang membuat pernyataan

Desi Ratna Sari  
150410039

**PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PROGRAM  
EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE DAN  
CRITICAL PATH METHOD PADA PT CESCO  
OFFSHORE AND ENGINEERING**

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi salah syarat  
Memperoleh gelar sarjana**

**Oleh  
Desi Ratna Sari  
150410039**

**Telah disetujui oleh pembimbing pada tanggal  
Seperti tertera di bawah ini**

**Batam, 10 September 2019**

**Delia Meldra, S.Pd., M.Si.  
Pembimbing**

## ABSTRAK

PT Cesco Offshore And Engineering merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa pre-commissioning di Batam yang mana salah satu jasanya adalah jasa *chemical cleaning*. Jasa *chemical cleaning* yang dikerjakan oleh perusahaan terdapat permasalahan pada penyelesaiannya yang mengalami keterlambatan dari tahun 2017 sampai 2018, hal ini disebabkan karna perusahaan hanya menentukan waktu dan biaya berdasarkan pengalaman tanpa menggunakan perhitungan sistematis. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui waktu target, total biaya penyelesaian, waktu aktual dan biaya aktual yang akan dikeluarkan oleh perusahaan setelah proyek tersebut selesai, jika waktu target dan biaya diketahui akan sangat berguna bagi perusahaan sebagai dalam perencanaan hingga eksekusi dilapangan. Untuk mendapatkan waktu target dan biaya penyelesaiannya diperlukan pendekatan metode *Program Evaluation and Review Technique* dan *Critical Path Method*. Setelah dilakukan perhitungan waktu dan biayanya, maka diketahui waktu targetnya sebesar 106 hari dengan hasil probabilitas keberhasilan sebesar 99,55% dan persentase ketidakberhasilan sebesar 0,45%, artinya proyek ini bisa selesai kurang dari waktu yang ditentukan (112 hari) dan biayanya yaitu sebesar Rp 1.408.574.966. Setelah hasil analisa PERT dan CPM diketahui ternyata pada kondisi aktualnya proyek ini sudah selesai dengan waktu 106 hari dan biaya aktual sebesar Rp 1.289.283.000, artinya hasil pendekatan PERT dan CPM berhasil diterapkan dan sesuai dengan harapan *client*.

**Kata Kunci:** Penjadwalan proyek, PERT dan CPM

## **ABSTRACT**

*PT Cesco Offshore And Engineering's company engaged in the pre-commissioning services in Batam which one of the service of chemical cleaning. The chemical cleaning is carried out by the company have problems with completion which have been delayed from 2017 to 2018, it's because the company only determines time and cost based on experience without using systematic calculations. The purpose of this research is to find out the target time, total cost of completion, actual time and actual costs to be incurred by the company after the project is completed, if the target time and costs are known it useful for company as in planning to field execution. To get the target time and completion costs, it's needed method of Program Evaluation and Review Technique dan Critical Path Method. After calculating the time and cost, it's known the target times are 106 days with the result of probability success of 99.55% and the percentage non-success of 0.45%, it means the project can be completed in less than the specified time (112 days) and the cost is Rp 1,408,574,966. After the PERT and CPM analysis results are known, it turns out that the actual condition of the project was completed in 106 days and the actual cost was Rp 1,289,283,000, the results of the PERT and CPM approach were successfully implemented in accordance with expectations client.*

**Keywords:** *Project scheduling, PERT and CPM*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada program studi Teknik Industri Universitas Putera Batam.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik dan saran senantiasa penulis terima dengan senang hati dan dengan segala keterbatasa, penulis menyadari pula bahwa skripsi ini takkan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Nur Elfi Husda, S.Kom., M.Si. selaku Rektor Universitas Putera Batam.
2. Bapak Amrizal, S.Kom., M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Industri Universitas Putera Batam.
3. Bapak Welly Sugianto, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Putera Batam.
4. Ibu Delia Meldra, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing Skripsi pada Teknik Industri Universitas Putera Batam yang telah banyak membantu penulis menuntut Ilmu di Universitas Putera Batam.
5. Bapak Zefri Azharman, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing Akademik pada Teknik Industri Universitas Putera Batam.

6. Bapak/ibu Dosen pengajar Di Universitas Putera Batam yang telah membuka wawasan penulis dengan berbagai ilmu pengetahuan, pengalaman serta motivasinya.
7. Leo Sastro Wijoyo selaku direktur PT Cesco Offshore And Engineering yang mau memberikan izin untuk penelitian ini.
8. Bapak Mirza Farrie dan Bapak Ferri Aguswan selaku *Project Engineer* yang mau memberikan arahan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini.
9. Teman-teman Prodi Teknik Industri angkatan 2015 khususnya teman-teman seperjuangan.
10. Ibu penulis yang selalu memberikan semangat.
11. Teman sepermainan dan sahabat penulis Sulistyawati yang selalu support agar giat mengerjakan tulisan ini.
12. Serta semua pihak yang memberikan masukan, kritikan dan bantuan yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu.

Penulis hanya bisa mendoakan semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membalas kebaikan dan memberikan hidayah dan karunia-Nya, Amin.

Batam, 10 September 2019

Desi Ratna Sari

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMBUL DEPAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>SURAT PENYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR RUMUS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian .....	4
1.6. Manfaat Penelitian .....	4
1.6.1. Manfaat Teoritis.....	4
1.6.2. Manfaat Praktis .....	5
1.6.2.1. Bagi Peneliti.....	5
1.6.2.2. Bagi Perusahaan.....	5
1.6.2.3. Bagi Pelanggan .....	5
<b>BAB II TINJUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Teori Dasar .....	6
2.1.1. Penjadwalan Proyek.....	6
2.1.2. Manajemen proyek .....	7
2.1.3. Tujuan Manajemen Proyek.....	8
2.1.4. Tahapan Manajemen Proyek .....	8
2.1.5. Ciri-ciri pada Proyek.....	9
2.1.6. Jenis-Jenis Proyek.....	9
2.1.7. Kontrak – Kontrak pada Proyek .....	10
2.1.7.1. Kontrak Proyek Konstruksi .....	11
2.1.7.2. Kontrak Proyek Infrastruktur.....	13
2.1.8. Jaringan Kerja ( <i>Network Planning</i> ) .....	14
2.1.9. Konsep Metode PERT dan CPM .....	15
2.1.9.1. Program Evaluation and Review Technique (PERT).....	15
2.1.9.2. Critical Path Method (CPM).....	16
2.1.9.3. Lintasan Kritis.....	17
2.1.9.4. Percepatan pelaksanaan kegiatan ( <i>Crashing</i> ) .....	19
2.1.10. Analisis waktu.....	19

2.1.11.	Analisis biaya.....	19
2.1.12.	Hubungan antara Waktu dan Biaya .....	20
2.2.	Penelitian Terdahulu .....	22
2.3.	Kerangka Pemikiran .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>25</b>
3.1.	Desain Penelitian .....	25
3.2.	Variabel Penelitian.....	25
3.3.	Populasi dan Sampel.....	26
3.4.	Teknik Pengambilan Data.....	26
3.4.1.	Data Primer .....	26
3.4.2.	Data Sekunder.....	26
3.5.	Teknik Analisis Data .....	27
3.5.1.	Metode PERT .....	27
3.5.2.	Metode CPM.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>32</b>
4.1.	Hasil Penelitian .....	32
4.1.1.	Profil Penelitian .....	32
4.1.2.	Uraian Pekerjaan dan Volume Pekerjaan ( <i>Bill of Quantity</i> ).....	36
4.1.3.	Waktu Kegiatan Dengan PERT .....	38
4.1.4.	Menghitung Standar Deviasi dan Varian.....	42
4.1.5.	Perhitungan Kurva Probabilitas .....	46
4.1.6.	Menentukan Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan.....	51
4.1.7.	Jaringan Kerja ( <i>Network Working</i> ).....	55
4.1.8.	Daftar Upah dan Material .....	62
4.1.9.	Pengolahan Data Waktu dan Biaya .....	63
4.1.10.	Hubungan Biaya pada Kontrak Pekerjaan .....	63
4.2.	Pembahasan .....	64
4.2.1.	Profil Penelitian .....	64
4.2.2.	Analisa Nilai Standar Deviasi dan Varian .....	64
4.2.3.	Analisa Kegiatan kritis.....	65
4.2.4.	Analisa Nilai Standar Deviasi Kegiatan Kritis dan Varian Kegiatan Kritis .....	65
4.2.5.	Analisa Probabilitas .....	65
4.2.6.	Analisa Waktu dan Biaya .....	66
4.2.7.	Analisa Waktu dan Kontrak Pekerjaan.....	66
4.2.8.	Penerapan Metode PERT dan CPM di Perusahaan .....	66
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>68</b>
5.1.	Simpulan .....	68
5.2.	Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>70</b>
<b>LAMPIRAN I – Data Pendukung Penelitian</b>		
<b>LAMPIRAN II – Daftar Riwayat Hidup</b>		
<b>LAMPIRAN III – Surat Izin Penelitian</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Target proyek yang juga disebut 3 kendala (triple constraint).....	7
Gambar 2.2 Hubungan Waktu - Biaya Langsung, Tidak Langsung dan Optimal .....	20
Gambar 2.3 Hubungan Waktu - Biaya Normal dan dipersingkat untuk aktifitas .....	21
Gambar 2.4 Kerangka berfikir pada Proyek Chemical Cleaning.....	24
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	25
Gambar 4.1 Lokasi Proyek chemical cleaning di Bojonegoro.....	32
Gambar 4.2 Kurva Probabilitas.....	51
Gambar 4.3 Jaringan Kerja pada Pekerjaan A .....	56
Gambar 4.4 Jaringan Kerja pada Pekerjaan B .....	57
Gambar 4.5 Lanjutan Jaringan Kerja pada Pekerjaan B .....	58
Gambar 4.6 Jaringan Kerja pada Pekerjaan C .....	59
Gambar 4.7 Jaringan Kerja pada Pekerjaan D .....	60
Gambar 4.8 Lanjutan Jaringan Kerja pada Pekerjaan D.....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol <i>Diagram Network</i> .....	15
Tabel 4.1 Uraian Pekerjaan dan Volume Pekerjaan .....	36
Tabel 4.2 Lanjutan Uraian Pekerjaan dan Volume Pekerjaan .....	37
Tabel 4.3 Lanjutan Uraian Pekerjaan dan Volume Pekerjaan .....	38
Tabel 4.4 Waktu PERT .....	39
Tabel 4.5 Lanjutan Waktu PERT .....	40
Tabel 4.6 Lanjutan Waktu PERT .....	41
Tabel 4.7 Perhitungan Standar deviasi dan Varian .....	42
Tabel 4.8 Lanjutan perhitungan Standar deviasi dan Varian .....	43
Tabel 4.9 Lanjutan perhitungan Standar deviasi dan Varian .....	44
Tabel 4.10 Lanjutan perhitungan Standar deviasi dan Varian .....	45
Tabel 4.11 Tabel distribusi normal .....	48
Tabel 4.12 Lanjutan tabel distribusi normal .....	49
Tabel 4.13 Lanjutan tabel distribusi normal .....	50
Tabel 4.14 Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan.....	52
Tabel 4.15 Lanjutan Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan.....	53
Tabel 4.16 Lanjutan Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan.....	54
Tabel 4.17 Daftar Upah.....	62
Tabel 4.18 Material List.....	62
Tabel 4.19 Hasil Biaya menggunakan <i>Microsoft Project 2016</i> .....	63

## DAFTAR RUMUS

Rumus 3.1	Waktu Kegiatan .....	27
Rumus 3.2	Standar Deviasi .....	27
Rumus 3.3	Varian Kegiatan .....	28
Rumus 3.4	Standar Deviasi Lintasan Kritis .....	28
Rumus 3.5	Probabilitas .....	28
Rumus 3.6	Early Start .....	29
Rumus 3.7	Early Finish .....	29
Rumus 3.8	Late Start .....	30
Rumus 3.9	Slack .....	31
Rumus 3.10	Lack .....	31

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Proyek bisa diartikan menjadi aktifitas yang berlangsung dalam jangka saat yang terbatas dengan dialokasikan asal daya eksklusif buat menghasilkan produk atau pengiriman yang kriteria mutunya sudah digariskan dengan jelas. Proyek pada Umum memiliki batas waktu (tenggat waktu), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Didalam proyek itu sendiri terbagi dalam beberapa macam yaitu *Engineering, Procurement, Construction* dan *Comminsoning*. Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang *pre-comminsoning* adalah PT Cesco Offshore And Engineering.

PT Cesco mempunyai banyak proyek diantaranya adalah jasa *Pressure Testing* (Pengujian Tekanan), *Water Flushing* (Pembilasan Air), *Hydro Jetting* (Penyemprotan Tekanan Tinggi), *Pigging process* (Proses Pigging), *Chemical Cleaning* (Pembersihan dengan Bahan Kimia), *Hot Oil Flushing* (Pembilasan Minyak Panas), *Purification of Oil* (Pemurnian Minyak), *Controlled Bolting* (Pengendalian Baut), *Leak Testing* (Pengujian Kebocoran), *Valve Testing* (Pengujian Katub) dan *Waste Water System* (Pengolahan Air Limbah). Khususnya pada proyek untuk penelitian ini ialah proyek *chemical cleaning*.

Proyek *chemical cleaning* (pembersihan kimia) yaitu proses pembersihan pada suatu *system* (pipa) dengan menggunakan bahan kimia, tujuannya agar pipa tersebut

tidak ada bermasalah ketika beroperasi. Di dalam proyek *chemical cleaning* juga memiliki proses yaitu *Degreasing* (Pengurai Organik Material), *Hydro Jetting* (Pembilasan Air), *Acid Cleaning* (Pengasaman), *Passivation* (Pelapisan), dan *Borescope Inspection* (Pengecekan). Proyek ini memiliki waktu yang berbeda yaitu waktu perencanaan dan waktu aktual. Ada tiga kali perbedaan waktu perencanaan dan waktu aktual dengan jenis material pipa *carbon steel* yang mana pada pipa pertama namanya ialah pipa *Vortex* dengan volume  $21,5 \text{ m}^3$ , pada saat perencanaan waktunya adalah 8 hari sedangkan pada saat penyelesaiannya pipa vortex selesai dalam waktu kurun 10 hari. Pipa kedua namanya ialah *package boiler* dengan volume sebesar  $30 \text{ m}^3$ , pada saat perencanaan proyek ini diperkirakan akan selesai dalam waktu 7 hari namun setelah selesai ternyata waktu aktual untuk penyelesaiannya adalah 9 hari. Terakhir ialah namanya Pipa WHB dengan volume  $28,3 \text{ m}^3$  pada saat perencanaan waktu diperkirakan 7 hari namun setelah selesai proyek WHB ini ternyata waktu aktualnya ialah 11 hari.

Dari permasalahan diatas terdapat perbedaan waktu antara waktu perencanaan dengan waktu penyelesaian. Keterlambatan bisa terjadi karena perusahaan hanya menentukan waktu dan biaya berdasarkan pengalaman tanpa mempertimbangkan perhitungan matematis. Dari permasalahan ini, diperlukan penjadwalan ulang untuk proyek *chemical cleaning* dengan pendekatan PERT (*Project Evaluation And Review Techique*) dan CPM (*Critical Path Method*). Dari hasil analisa pendekatan PERT dan CPM bisa membantu perusahaan dalam mengatasi keterlambatan proyek *chemical cleaning*.

## 1.2. Identifikasi Masalah

Hasil indentifikasi masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Perbedaan waktu perencanaan dengan waktu aktual pada proyek *chemical cleaning*.
2. Perusahaan menentukan waktu dan biaya dalam perencanaan berdasarkan pengalaman tanpa pertimbangan sistematis.

## 1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih berfokus, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah proyek *chemical cleaning* pada client ExxonMobil Cepu Limited.
2. Data yang di ambil untuk penelitian ini adalah berdasarkan *Progress* harian.
3. Peneliti tidak membahas untuk spesifikasi dari jenis material yang digunakan.
4. Peneliti tidak membahas permasalahan diakibatkan kelalaian kerja baik itu yang dilakukan oleh pelaksana maupun *owner*.

## 1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Berapa lama waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek *chemical cleaning* dengan Metode PERT dan CPM?
2. Berapa total biaya untuk penyelesaian proyek *chemical cleaning* dengan metode PERT dan CPM?

3. Berapa waktu aktual dan biaya aktual yang dikeluarkan oleh perusahaan dalam penyelesaian proyek *chemical cleaning*?

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini antara lain untuk:

1. Mengetahui waktu target untuk penyelesaian proyek *chemical cleaning* dengan menggunakan metode PERT dan CPM.
2. Mengetahui total biaya untuk penyelesaian proyek *chemical cleaning* dengan menggunakan metode PERT dan CPM.
3. Mengetahui waktu dan biaya aktual yang dikeluarkan oleh perusahaan.

### **1.6. Manfaat Penelitian**

#### **1.6.1. Manfaat Teoritis**

Secara teoritis hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat yaitu:

1. Sebagai referensi perusahaan dalam menerapkan PERT dan CPM guna percepatan penyelesaian proyek kedepannya.
2. Dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan dan mempercayakan proyek kedepannya bagi perusahaan.

## **1.6.2. Manfaat Praktis**

### **1.6.2.1. Bagi Peneliti**

Dapat menambah pengetahuan, wawasan, serta kemampuan dalam menerapkan ilmu-ilmu industri yang telah di peroleh selama kuliah dan mampu memecahkan permasalahan nyata di lapangan, khususnya dunia industri

### **1.6.2.2. Bagi Perusahaan**

Dapat menganalisa hambatan pada proyek *chemical cleaning* dan bisa mengatasinya lalu mempercepat penyelesaian proyek agar tidak terjadi anggaran yang akan merugikan perusahaan di luar dari perencanaan.

### **1.6.2.3. Bagi Pelanggan**

Perencanaan dapat berjalan dengan sempurna dengan yang telah di rencanakan sebelumnya.

## **BAB II TINJUAN PUSTAKA**

### **2.1. Teori Dasar**

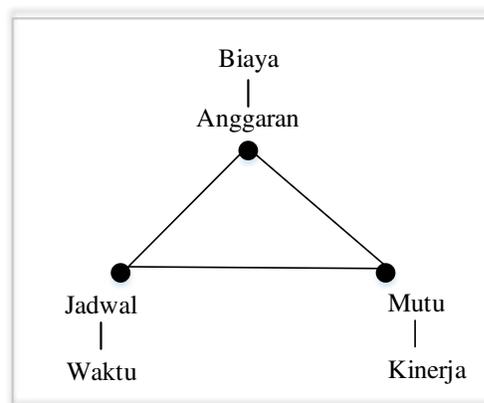
#### **2.1.1. Penjadwalan Proyek**

Jadwal adalah penjabaran diperencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah aplikasi pekerjaan dalam mencapai tujuan. Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain dan diidentifikasi dalam kaitanya dengan waktu. Jaringan kerja ini sangat bermanfaat dalam melakukan perencanaan dan pengendalian proyek (Kusnanto, 2010: 7). Masalah tersebut muncul dalam berbagai bidang termasuk konstruksi, manufaktur, pengembangan perangkat lunak dan sejumlah aplikasi. Karena pentingnya bidang-bidang tersebut, masalah penjadwalan proyek telah banyak diteliti dengan baik oleh kalangan OR (*Operational Research*) dan AI (*Artificial Intelligence*) (Khairil Juhdi Siregar, Wiwik Anggraeni, 2014: 1). Proyek dapat dikatakan berhasil jika diselesaikan sebelum *deadline* dengan waktu dan anggaran yang telah dipengaruhi didalam sebuah kontrak atau perjanjian. Didalam pelaksanaannya sering sekali terjadi perbedaan antara asumsi dengan aktual, hal ini biasa disebabkan oleh faktor yang tak terduga seperti teknologi konstruksi, material dan sumber daya manusia. Oleh karena itu dibutuhkan membuat kembali anggaran dan penjadwalan ulang sehingga dapat mengurangi kegagalan proyek (Kim, Kang, & Hwang, 2012: 1).

### 2.1.2. Manajemen proyek

Manajemen proyek ialah ilmu serta seni yang berkaitan dengan memimpin dan penggabungan sumber daya yang terdiri dari manusia dan material yang menggunakan tehnik pengelolaan terbaru guna mencapai tujuan yang telah ditentukan, yaitu lingkup, mutu, jadwal, dan biaya serta memenuhi keinginan para stake holder. Salah satu bentuk alternatif optimalisasi untuk mengatasi keterlambatan waktu proyek yang dapat dilakukan adalah melakukan penambahan jam kerja, penambahan material, penambahan alat berat serta penambahan tenaga kerja (Dannyanti, 2010: 28).

Ada beberapa batasan yang wajib yaitu biaya anggaran yang harus dialokasikan, jadwal dan mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tadi adalah parameter krusial bagi penyelenggara proyek yang tak jarang diasosiasikan menjadi sasaran proyek. Ketiga batasan tersebut disebut 3 kendala (*triple constraint*) (Jernih Putri N Gulo, 2014: 14).



**Gambar 2.1** Target proyek yang juga disebut 3 kendala (*triple constraint*) (Jernih Putri N Gulo, 2014: 14)

### **2.1.3. Tujuan Manajemen Proyek**

Tujuan Manajemen proyek yaitu (Ekanugraha, 2016: 28-29):

1. Tepat waktu, yaitu waktu yang merupakan salah satu target premier proyek, keterlambatan akan terus kerugian, seperti bertambahnya biaya, kehilangan peluang pada produk dalam memasuki pangsa pasar.
2. Tepat anggaran, yaitu biaya yang wajib dikeluarkan sinkron dengan biaya yang sudah ditetapkan.
3. Tepat spesifikasi, yaitu proyek harus sinkron menggunakan spesifikasi yang sudah ditetapkan.

### **2.1.4. Tahapan Manajemen Proyek**

Tiga tahapan dalam manajemen proyek antara lain (Ekanugraha, 2016: 29):

1. *Planning*, tahapan ini meliputi penetapan target, mendefinisikan proyek serta organisasi dalam tim.
2. *Schedule*, tahapan ini menggabungkan sumber daya manusia, biaya dan juga meterial untuk aktifitas khusus dan menghubungkan masing-masing aktivitas satu dan yang lainnya.
3. *Controlling*, perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas dan anggaran. Perusahaan juga mengubah rencana serta mengelola kembali sumber daya supaya bisa kebutuhan waktu dan biaya terpenuhi.

### **2.1.5. Ciri-ciri pada Proyek**

Adapun terdapat ciri-ciri proyek yaitu (Danniyanti, 2010: 24):

1. Mempunyai tujuan tertentu berupa hasil kerja akhir.
2. Sifatnya tidak tetap karena siklus proyek cukup pendek.
3. Selama proses pelaksanaannya, proyek dibatasi oleh jadwal, biaya dan hasil kerja akhir.
4. Aktifitasnya nonrutin atau tidak berulang-ulang.
5. Kebutuhan sumber daya bisa berubah, baik macam ataupun volumenya.

### **2.1.6. Jenis-Jenis Proyek**

Proyek dapat dikelompokkan menjadi (Jernih Putri N Gulo, 2014: 3-4):

#### **1. Proyek Konstruksi**

Proyek ini terdiri dari analisis kelayakan, desain engineering, pengadaan, dan konstruksi.

#### **2. Proyek Manufaktur**

Maksudnya adalah menghasilkan produk baru, mencakup pengembangan produk, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi serta operasi produk yang didapatkan.

#### **3. Proyek Penelitian dan Pengembangan**

Proyek ini bertujuan buat melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka membuat produk tertentu.

#### 4. Proyek Pelayanan Manajemen

Proyek pelayanan manajemen ini tidak berupa dalam bentuk fisik, tetapi laporan akhir, misalnya perancangan sistem informasi manajemen.

#### 5. Proyek Modal

Proyek Modal adalah proyek yang berhubungan dengan menggunakan dana modal buat investasi.

#### 6. Proyek Radio-Telekomunikasi

Proyek ini bertujuan buat menciptakan jaringan telekomunikasi yang bisa menjangkau area yang cukup luas dengan pengeluaran biaya tidak mahal.

#### 7. Proyek Konservasi Bio-Diversity

Proyek konservasi bio-diversity ialah proyek yang berhubungan dengan bisnis pelestarian lingkungan.

### **2.1.7. Kontrak – Kontrak pada Proyek**

Kontrak atau perjanjian di proyek menentukan hak dan kewajiban antara dua belah pihak atau lebih yang terlibat didalam kontrak, biasanya dilakukan antara pemilik dengan kontraktor, kontraktor dengan pemasok, dan lain sebagainya. ini juga wajib ditulis dengan jelas dalam dokumen kontrak. Kontrak dibagi menjadi 2 macam yaitu kontrak proyek konstruksi dan kontrak proyek infrastruktur (Husen, 2011: 25).

#### 2.1.7.1. Kontrak Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi memiliki dua macam kontrak, yaitu kontrak penawaran bersaing dan kontrak penawaran dengan negosiasi, berikut penjelasannya:

##### 1. Kontrak Penawaran Bersaing

Setelah penawaran lelang dilaksanakan dan wajib bertanggung jawab serta dengan studi dan evaluasi penawaran diterima, proyek pun diserahkan kembali kepada kontraktor yang telah terpilih lalu diterbitkan Surat Perintah Kerja (SPK).

Kontrak penawaran bersaing terdiri atas:

##### a. Kontrak Lump Sum

Kontrak lumpsum ialah biaya yang harus dikeluarkan pemilik proyek yang mana jumlahnya tetap yang dihitung dari semua jumlah aspek seperti gambar design, spesifikasi umum dan teknis serta aturan-aturan administratif lainnya.

Kontrak ini memiliki karakteristik yaitu:

- 1) Jenis kontrak lump sum mencakup semua biaya yang tetap.
- 2) Jumlah bisa yang sudah ditetapkan bisa diperhitungkan kesulitan-kesulitan di lapangan dan juga biaya-biaya tak terduga, sehingga tidak akan ada lagi biaya tambahan untuk kondisi tersebut, sehingga perencanaan proyek diusahakan sempurna.
- 3) Kondisi sudah diperhitungkan dalam keadaan *force major*.
- 4) Biaya yang harus disediakan dapat diketahui lebih awal.

- 5) Kontrak ini tidak cocok untuk volume pekerjaan yang tidak pasti seperti pekerjaan penggalian tanah dan pekerjaan pondasi.

b. Kontrak Unit Price

Kontrak unit price merupakan dasarnya dari estimasi volume pekerjaan yang sudah diklarifikasi bersama-sama pemilik proyek dengan jumlah biaya per unit pekerjaan. Jenis kontrak unit price memiliki karakteristik yaitu:

- 1) Estimasi volume pekerjaan dihitung oleh wakilnya pemilik proyek seperti konsultan pengawas bersama kontraktor.
- 2) Biaya pada awal proyek tidak pasti.
- 3) Perlu pengawasan ketat karena pembayaran dilakukan atas volume aktual.
- 4) Biaya akhir yang sudah ditetapkan dengan risikonya ditanggung bersama berdasarkan kesepakatan.
- 5) Sangat baik jika dilakukan untuk *quantity* yang belum pasti, seperti pekerjaan pondasi atau galian tanah.

2. Kontrak Negosiasi Biaya

Kontrak penawaran negosiasi biaya ialah pekerjaan dengan cara penawaran yang dilakukan oleh dua pihak, yang mana pemilik proyek dan kontraktor pelaksana yang dikenal sebagai pemilik, dengan harapan diperoleh harga penawaran yang sesuai dengan keinginan pihak-pihak tersebut. Kontrak ini biasanya terdiri dari atas:

- 1) Kontrak lump sum, harga sudah ditetapkan berdasarkan dari negoisasi penawaran yang dilakukan pemilik proyek dengan kontraktor dengan harga dan volume pekerjaan yang sudah disepakati kedua belah pihak.
- 2) Unit price, jelas ini juga sama dengan cara kontrak penawaran bersaing, namun harga sudah ditentukan berdasarkan kesepakatan kedua belah pihak.
- 3) Kontrak cost plus fee, pembayaran oleh pemilik proyek berdasarkan atas biaya yang dikeluarkan oleh kontraktor setelah pekerjaan proyek sudah selesai ditambah dengan keuntungannya.

#### 2.1.7.2. Kontrak Proyek Infrastruktur

Proyek infrastruktur sudah banyak dilaksanakan dengan cara privatisasi, yang mana peran swasta lebih dominan dibandingkan pemerintah. Dimaksudkan untuk memberikan pelayanan publik dengan standar yang lebih tinggi, transparan dan bertanggung jawab. Kontrak proyek infrastruktur memiliki aspek yaitu:

##### 1. *Build Operate Transfer* (BOT)

Suatu perencanaan kontrak dimana sektor swasta membangun suatu fasilitas dengan biaya sendiri, lalu mengoperasikannya dan memungut pembayaran kepada pengguna fasilitas lalu sektor swasta mengalihkannya kepada pemerintah setelah kurun waktu tertentu yang telah disepakati.

## 2. *Build Transfer Operate* (BTO)

Kontrak BTO dikembangkan di Amerika Serikat pada proyek jalan raya, karena pembayaran premi resiko kecelakaan kendaraan sangat tinggi, pemerintah melindungi investor dengan mengambil alih tanggung jawab mereka dalam menerapkan konsep kontrak ini.

## 3. *Build Own Operate* (BOO)

Suatu rancangan kontrak yang mana pihak swasta membangun suatu fasilitas dengan biaya sendiri, mengoperasikannya dan memungut pembayaran terhadap pengguna fasilitas tersebut. Kontrak BOO hampir sama dengan BOT. Perbedaannya yaitu, tidak adanya kewajiban bagi pihak swasta untuk mengalihkan aset kepemilikan kepada pemerintah.

### **2.1.8. Jaringan Kerja (*Network Planning*)**

Berdasarkan penelitian (Basriati & Melda, 2017: 3) pada sifatnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang divisualisasikan dalam bentuk diagram network. Menggambarkan suatu network bisa menggunakan simbol seperti pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Simbol *Diagram Network*

Simbol	Keterangan
	Anak panah = arrow (arc), artinya sebuah aktifitas
	Lingkaran kecil = node, artinya sebuah peristiwa atau <i>event</i>
	Anak panah putus-putus, artinya aktifitas semu atau <i>dummy</i>
	Anak panah tebal yaitu kegiatan pada lintasan kritis

Untuk pengaplikasiannya, simbol-simbol ini diaplikasikan dengan mengikuti aturan-aturan antara lain (Muhammad Rizki Ridho & Syahrizal, 2015:4):

1. Di antara dua peristiwa (*event*) yang sama, hanya bisa digambarkan satu anak panah.
2. Suatu aktifitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor peristiwa sama.
3. Aktifitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
4. Diagram hanya terdapat saat paling cepat dimulainya peristiwa (*initial event*) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya peristiwa (*terminal event*).

### 2.1.9. Konsep Metode PERT dan CPM

#### 2.1.9.1. Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Metode PERT mencakup tiga perkiraan waktu, yaitu (Arianie & Puspitasari, 2017: 3):

1. Waktu pesimistic ( $t_p$ ), adalah waktu paling panjang yang mungkin diperlukan suatu kegiatan.
2. Waktu perkiraan paling mungkin atau *most likely* ( $t_m$ ), adalah waktu penyelesaian kegiatan- kegiatan proyek yang paling memungkinkan atau terdapat probabilitas paling tinggi.
3. Waktu *Optimistic* ( $t_o$ ), adalah waktu tercepat yang dapat dilakukan untuk melaksanakan kegiatan suatu proyek. Setelah menentukan ketiga perkiraan waktu tersebut, maka kita dapat menentukan waktu kegiatan yang diharapkan.

#### 2.1.9.2. Critical Path Method (CPM)

Analisa jalur kritis menggunakan jaringan dengan kesepadanan waktu-biaya linear. Model pengoptimalan telah digunakan dalam proyek konstruksi, tetapi belum bisa berhasil ketika digunakan di jaringan besar (Arianie & Puspitasari, 2017: 3). Namun, beberapa teknik pengoptimalan menyajikan peluang untuk menganalisis lebih dari satu tujuan pada satu waktu dan ini memungkinkan pendekatan yang lebih realistis (Castro-Lacouture, Süer, Gonzalez-Joaqui, & Yates, 2009: 2). Keuntungan dari metode kritis ini antara lain dalam:

1. Perencanaan (*Planning*)
2. Penjadwalan (*Scheduling*)
3. Pengendalian (*Controlling*)

Teknik CPM dilakukan dengan menyusun jaringan kerja yang ke arah aktifitas-aktifitas dan memakai *simple time estimates* pada tiap aktifitas serta menunjukkan jangka waktu pelaksanaan Beberapa istilah yang digunakan dalam metode CPM ini adalah (Ningsih, Zahroti, & Wardanis, 2016: 13):

1. *Earliest Start Time* (ES), ialah waktu tercepat suatu aktifitas yang bisa dimulai dengan memprioritaskan waktu aktifitas dan persyaratan pada urutan pengerjaan aktifitas.
2. *Latest Start Time* (LS), merupakan waktu paling lambat untuk memulai suatu aktifitas
3. *Earliest Finish* (EF), merupakan waktu tercepat kegiatan yang bisa diselesaikan.
4. *Latest Finish Time* (LF), merupakan waktu paling lambat dalam menyelesaikan suatu aktifitas.

#### 2.1.9.3. Lintasan Kritis

Didalam perhitungan jalur kritis terdapat dua tahap yaitu tahap pertama disebut perhitungan maju (*forward pass*), yang mana perhitungannya dimulai dari node “awal” dan bergerak ke node “akhir”. Disetiap node, sebuah angka dihitung mewakili waktu yang tercepat untuk aktifitas yang bersangkutan. Tahap kedua yaitu perhitungan mundur (*backward pass*), dimulai perhitungan dari node “akhir” dan bergerak ke node “awal” (Arifudin & Semarang, 2018: 4). Dalam metode CPM (Critical Path Method - Metode Jalur Kritis) disebut juga dengan adanya jalur kritis, maksudnya jalur yang

mempunyai ringkasan komponen-komponen aktifitas dengan total jumlah waktu terlama. Adapun manfaat dari jalur kritis sebagai berikut (Dannyanti, 2010: 5):

1. Penundaan pekerjaan untuk lintasan kritis bisa menyebabkan proyek tidak selesai tepat waktu.
2. Proyek bisa dipercepat penyelesaiannya apabila kegiatan yang ada dilintasan kritis bisa dipercepat.
3. Pengawasan bisa dikontrol apabila penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (penyelesaian menggunakan waktu yang optimal dipercepat dengan biaya yang bertambah) atau bisa juga dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya *overtime*.
4. Time slack atau kelonggaran waktu yang ada pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Kemungkinan bagi manajer untuk mengalokasikan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis guna efektif dan efisien.

Analisis jalur kritis menggunakan dua proses (*two-pass*) yaitu yang pertama *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*, LS dan LF ditentukan selama *backward pass*. ES (*earliest start*) ialah waktu awal suatu yang bisa diselesaikan. LS (*latest start*) ialah waktu terakhir suatu aktifitas yang bisa dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (*latest finish*) ialah waktu terakhir suatu aktifitas yang bisa diselesaikan sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek (Ningsih et al., 2016: 15):

#### 2.1.9.4. Percepatan pelaksanaan kegiatan (*Crashing*)

*Crashing* merupakan proses meminimalisir suatu aktifitas yang mempengaruhi waktu penyelesaian proyek. Berdasarkan penelitian (Arianie & Puspitasari, 2017:3) proses *crashing* merupakan salah satu langkah untuk melakukan perkiraan untuk *variabel cost* dalam menentukan pengurangan waktu yang paling optimal dan ekonomis dari suatu aktifitas di proyek yang masih memungkinkan untuk diperkecil.

#### 2.1.10. Analisis waktu

Analisis waktu di bagi menjadi dua yaitu (Apri Widiya Laksana, Heri Setiawan Prasetyo, 2014: 3):

1. Waktu normal aktifitas.

Waktu normal aktifitas ialah jarak waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian suatu pekerjaan dengan tingkat produktifitas kerja normal.

2. Waktu aktifitas dipercepat

Waktu aktifitas dipercepat ialah jarak waktu dikarenakan adanya alasan tertentu sehingga dilakukan percepatan dari jangka waktu normal aktifitas.

#### 2.1.11. Analisis biaya

Berdasarkan penelitian (Apri Widiya Laksana, Heri Setiawan Prasetyo, 2014: 3) biaya proyek dikelompokkan menjadi dua komponen yaitu:

1. Biaya langsung (direct cost)

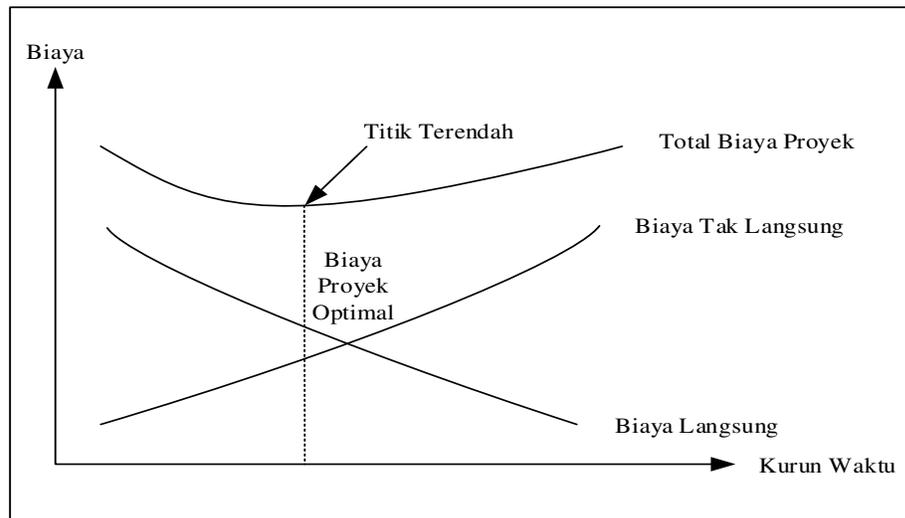
Biaya langsung merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mendapatkan sumber daya yang akan diperlukan untuk penyelesaian proyek.

## 2. Biaya tidak langsung (indirect cost)

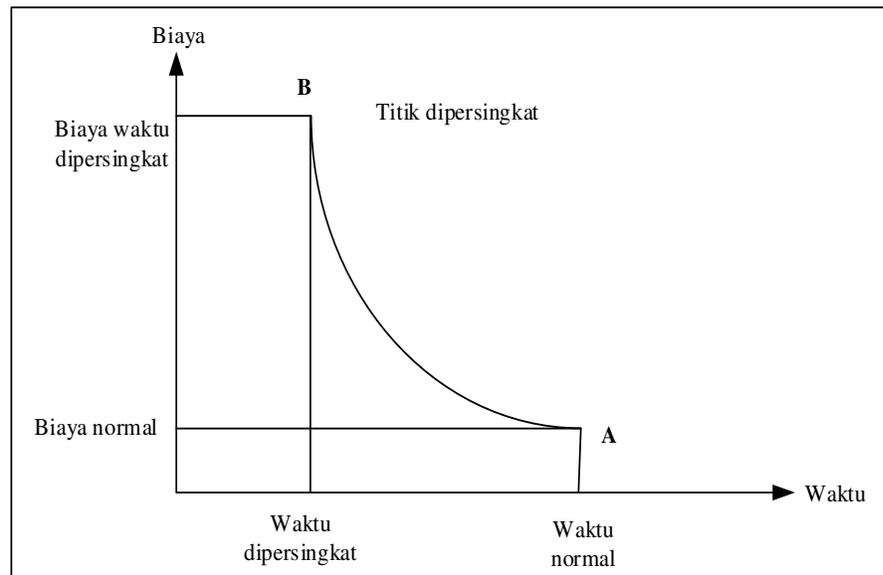
Biaya ini biasanya dikatakan biaya *overhead*. Biaya ini tidak tergantung pada volume pekerjaan tetapi tergantung pada jangka waktu pelaksanaan pekerjaan. Biaya tidak langsung akan meningkat apabila waktu pelaksanaannya tertunda sehingga mengakibatkan penambahan biaya untuk gaji karyawan, biaya tetap dan biaya-biaya lainnya juga wajib dibayarkan.

### 2.1.12. Hubungan antara Waktu dan Biaya

Biaya total proyek ialah hasil keseluruhan dari biaya langsung dan biaya tak langsung yang dipakai selama pelaksanaan proyek. Biaya meningkat tergantung oleh lamanya waktu penyelesaian proyek, keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek (Risnawati, 2014: 3).



**Gambar 2.2** Hubungan Waktu – Biaya Total, Biaya Tidak Langsung, Biaya Langsung dan Biaya Optimal (Risnawati, 2014: 3)



**Gambar 2.3** Hubungan Waktu – Biaya Normal dan dipersingkat untuk suatu aktifitas

(Jernih Putri N Gulo, 2014: 29)

Dipercepatnya waktu suatu proyek maka akan terjadi perubahan biaya dan waktu juga. Ada dua nilai waktu yang akan dilakukan pada setiap aktifitas dalam suatu jaringan kerja saat terjadi percepatan antara lain:

1. *Normal Duration* (Waktu Normal)

Waktu Normal ialah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu aktifitas dengan sumber daya normal yang ada tanpa adanya tambahan biaya lain.

2. *Crash Duration* (Waktu dipersingkat)

*Crash duration* ialah waktu yang diperlukan untuk mempersingkat waktu menjadi lebih pendek dari waktu normal.

Proses percepatan juga mempengaruhi perubahan pada biaya antara lain:

a. *Normal Cost*

*Normal Cost* ialah biaya yang dikeluarkan dalam waktu normal. Perkiraan biaya ini juga bagian pada saat perencanaan dan penjadwalan bersamaan dengan menentukan waktu normal.

b. *Crash Cost*

*Crash cost* ialah biaya yang dikeluarkan dalam jangka waktu sebesar waktu *crash*-nya. Biaya setelah di-crashing akan menjadi lebih besar dari biaya normal.

## 2.2. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berjudul Analisa Penjadwalan waktu dengan metode jalur kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20, Glodok) yang di tulis oleh Dino Caesaron, Andrey Thio menghasilkan kesimpulan terhadap proyek Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20, Glodok) yaitu dengan menggunakan PERT durasi perencanaan 209 hari setelah di lakukan percepatan durasi nya adalah 198 hari dengan probabilitas penyelesaian proyek 61%. Di karnakan durasi bertambah maka biaya yang di hasilkan dengan metode CPM adalah sebesar Rp. 857.260.000.

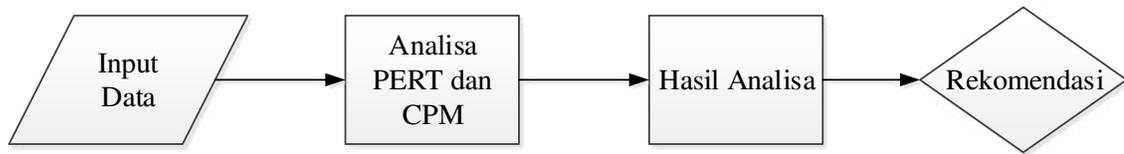
Penelitian yang berjudul Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode PERT dan CPM yang di tulis oleh Eka Danniyanti, 2010 menghasilkan kesimpulan terhadap proyek Renovasi Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip yaitu dengan

menggunakan PERT durasi perencanaan 240 hari setelah di lakukan percepatan durasi optimal nya adalah 235 hari dengan probalitas penyelesaian proyek 90,31%. Di karnakan durasi bertambah maka biaya yang di hasilkan dengan metode CPM adalah sebesar Rp. 3.769.261.616,40.

Penelitian yang berjudul Evaluasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode CPM dan PERT yang di tulis oleh Arif Rakmat Ekanugraha, 2016 menghasilkan kesimpulan terhadap proyek Pembangunan Terminal Binuang Baru Kec. Binuang yaitu durasi perencanaan 65 hari, setelah di lakukan percepatan durasi adalah 59 hari dengan probalitas penyelesaian sebesar 80,23%. Di karnakan durasi bertambah maka biaya yang di hasil kan sebesar Rp. 3.375.727.806.

Penelitian yang berjudul optimalisasi pelaksanaan proyek dengan Menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dan *Crashing* yang ditulis oleh Endang Retnowati, 2017 menghasilkan kesimpulan terhadap Proyek Pembangunan Renovasi Masjid “An Nuur” Desa Sonoageng Kabupaten Ngajuk yaitu durasi perencanaan 83 hari, setelah di lakukan perecepatan durasi proyek adalah 54 hari dengan total biaya *Crashing* sebesar Rp. 50.309.000.

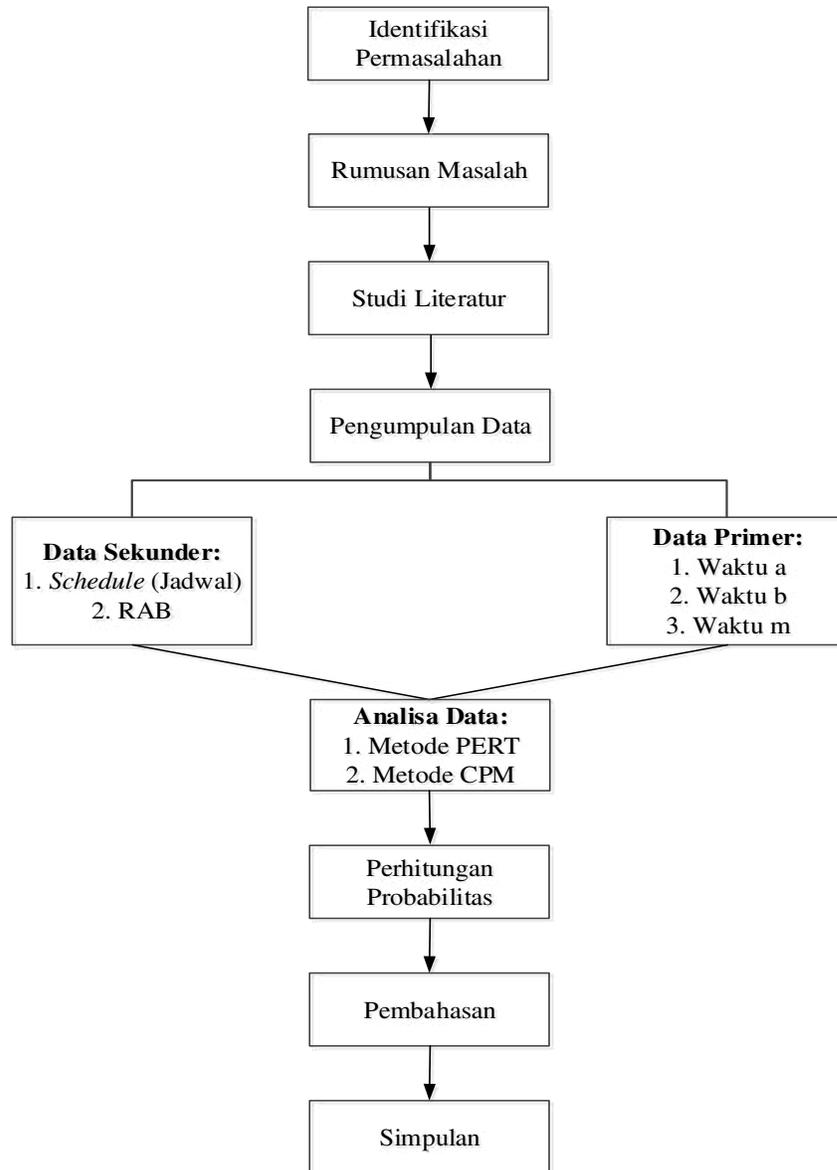
### 2.3. Kerangka Pemikiran



**Gambar 2.4** Kerangka berfikir pada Proyek *Chemical Cleaning*

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Desain Penelitian



**Gambar 3.1** Desain Penelitian

### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel secara umum terbagi menjadi dua, yaitu variabel independen dan variabel dependen. Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu variabel waktu optimal proyek sebagai variabel dependen, sedangkan variabel independennya, yaitu waktu proyek, hubungan ketergantungan antar kegiatan proyek, dan perencanaan anggaran biaya.

### **3.3. Populasi dan Sampel**

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini ialah daftar pengalaman penyelesaian proyek *chemical cleaning* pada tahun 2017 sampai 2018 dengan jenis material *carbon steel* sedangkan sampel yang digunakan ialah *chemical cleaning* dengan jenis material *stainless steel*.

### **3.4. Teknik Pengambilan Data**

Sumber data yang diperlukan dalam penelitian ini berasal dari data internal perusahaan, jenis data terbagi menjadi dua yaitu:

#### **3.4.1. Data Primer**

Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini ialah data pengamatan langsung dengan melakukan observasi, wawancara, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan durasi aktifitas.

#### **3.4.2. Data Sekunder**

Data sekunder yang di gunakan pada penelitian ini adalah SOP proyek dan data-data proyek.

### 3.5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang diperlukan pada penelitian ini ialah dengan menggunakan pendekatan metode PERT dan CPM.

#### 3.5.1. Metode PERT

Pada konsep dasar jaringan kerja metode PERT dan CPM hampir sama yang membedakan ialah PERT bermaksud untuk menampung adanya unsur-unsur yang belum pasti, kemudian menganalisis kemungkinan apabila proyek tersebut terdapat penyimpangan atau memenuhi.

Langkah-langkah pembuatan PERT yaitu:

1. Menentukan Perkiraan waktu kegiatan dengan rumus:

$$te = \frac{a + 4m + b}{6} \dots\dots\dots \text{Rumus 3.1}$$

Keterangan:

Te = perkiraan waktu aktifitas

a = waktu paling optimis

m = waktu normal

b= waktu pesimis

2. Menentukan Standar Deviasi dengan rumus:

$$Se = \frac{1}{6}(b - a) \dots\dots\dots \text{Rumus 3.2}$$

Keterangan:

Se = standar deviasi kegiatan

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

3. Menentukan Varian Kegiatan dengan rumus:

$$v(te) = (Se)^2 \dots\dots\dots \text{Rumus 3.3}$$

Keterangan:

V(te) = varian kegiatan

Se = deviasi standar kegiatan

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

4. Kurva probabilitas mencapai target jadwal dengan rumus:

Jika ingin mengetahui probabilitas mencapai target jadwal dapat dilakukan dengan dua langkah yang mana pertama yaitu menentukan standar deviasi lintasan kritis dan yang kedua menghitung probabilitas penyelesaian proyek yang dinyatakan dengan rumus:

a. Menentukan standar deviasi lintasan kritis

$$SeLK = \sqrt{VeLK} \dots\dots\dots \text{Rumus 3.4}$$

b. Probabilitas penyelesaian proyek

$$Z = \frac{T(d) - TE}{SeLK} \dots\dots\dots \text{Rumus 3.5}$$

Keterangan:

Z = angka kemungkinan mencapai target

T(d) = target jadwal

TE = jumlah waktu lintasan kritis

Se LK = deviasi standar lintasan kritis

Angka Z merupakan angka probabilitas yang persentasenya bisa dicari dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif Z.

### 3.5.2. Metode CPM

Berikut langkah-langkah menggunakan metode CPM dalam menganalisis data dalam penelitian ini:

#### 1. Pembuatan *Network Diagram* Proyek

*Network Diagram* merupakan simbol aktifitas, simbol peristiwa dan simbol hubungan antara peristiwa dimana *network diagram* ini menyatakan logika ketergantungan antar kegiatan yang ada dalam proyek dan menyatakan urutan peristiwa selama penyelenggaraan proyek.

#### 2. Penentuan Waktu

Untuk perhitungan dalam menentukan waktu penyelesaian terdiri dari dua tahapan, yaitu perhitungan maju dan perhitungan mundur.

##### c. Hitungan Maju

Pada perhitungan bergerak dari start (*initial event*) menuju ke Finish (*terminal event*) untuk menghitung waktu penyelesaian tercepat suatu aktifitas (EF), waktu tercepat terjadinya kegiatan (ES) dan saat paling cepat dimulainya suatu peristiwa (E).

$$ES = \text{Max (EF semua pendahulu langsung)} \dots\dots\dots \text{Rumus 3.6}$$

$$EF = ES + \text{Waktu Kegiatan} \dots\dots\dots \text{Rumus 3.7}$$

#### d. Hitungan Mundur

Hitungan mundur ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu paling akhir yang bisa memulai dan mengakhiri masing-masing aktifitas tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Hitungan ini biasanya dimulai dari *Finish* menuju *Start* untuk mengidentifikasi saat paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LS) dan saat paling lambat suatu peristiwa terjadi (L).

$$LS = LF - \text{Waktu Kegiatan} \dots\dots\dots \text{Rumus 3.8}$$

### 3. Perhitungan Kelonggaran Waktu (Float/Slack)

Apabila hitungan maju dan mundur telah selesai maka diperoleh nilai ***float*** atau ***slack*** yang merupakan sejumlah kelonggaran waktu atau disebut juga batas toleransi keterlambatan dari kegiatan. Ada dua macam jenis float yaitu *Float Total* dan *Float Free*. *Float total* merupakan jumlah waktu suatu kegiatan yang boleh ditunda tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan sedangkan *float free* merupakan hal sama dengan waktu mulai paling awal (ES) dan kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) .

Setelah waktu awal dan waktu terakhir dari semua aktifitas dihitung, kemudian jumlah waktu slack (*slack time*) bisa ditentukan. Slack ialah waktu sebuah aktifitasnya bisa diundur tanpa mengakibatkan keterlambatan proyek keseluruhan.

$$\text{Slack} = LS - ES \dots\dots\dots \text{Rumus 3.9}$$

atau

$$\text{Lack} = \text{LF} - \text{EF} \dots \dots \dots \text{Rumus 3.10}$$

#### 4. Menentukan Aktifitas Kritis

Perhitungan durasi untuk mendapatkan lintasan kritis pada jaringan kerja dengan mendapat total float  $\text{TF} = 0$ . Aktifitas yang tidak mempunyai kelonggaran atau  $\text{TF} = 0$  disebut lintasan kritis. Aktifitas kritis inilah yang akan dikendalikan agar proyek dapat berjalan sesuai rencana.

#### 5. Menghitung Bobot Masing-Masing Aktifitas

Dengan mengahui bobot masing-masing aktifitas pekerjaan akan dapat dikethui perkembangan pekerjaan proyek.