

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

### **ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PEKERJAAN SIPIL PROYEK PEMBANGUNAN LPG REFRIGERATED DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) DAN *TIME COST TRADE OFF* (TCTO)**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT  
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1) PADA PROGRAM  
STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



**DISUSUN OLEH :**

**MOHAMMAD SHODIG BURHANUDIN**

**NIM 31601800058**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
NOVEMBER 2022**

**FINAL PROJECT**

**ANALYSIS OF TIME ACCELERATION IN CIVIL WORKS IN THE  
REFRIGERATED LPG DEVELOPMENT PROJECT USING THE CRITICAL  
PATH METHOD (CPM) AND TIME COST TRADE OFF (TCTO)**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1)  
at Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technologi,  
Universitas Islam Sultan Agung Semarang*



**MOHAMMAD SHODIG BURHANUDIN**

**NIM 31601800058**

**DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
NOVEMBER 2022**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan tugas akhir dengan judul “ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PEKERJAAN SIPIL PROYEK PEMBANGUNAN LPG REFRIGERATED DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) DAN *TIME COST TRADE OFF* (TCTO)” ini disusun oleh :

Nama : Mohammad Shodig Burhanudim

Nim : 31601800058

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

Nuzulia Khoiriyah, ST., MT  
NIK 210603029

Ir. Eli Mas'adah, MT  
NIDN 06-1506-6601

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri



Nuzulia Khoiriyah, ST., MT  
NIK 210603029

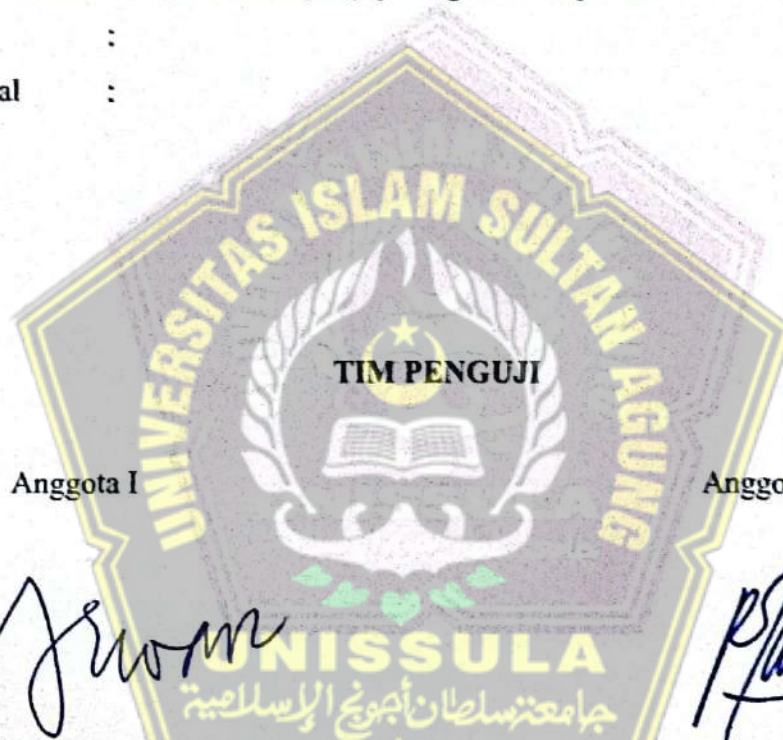


## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan tugas akhir dengan judul "ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PEKERJAAN SIPIL PROYEK PEMBANGUNAN LPG REFRIGERATED DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CRITICAL PATH METHOD (CPM) DAN TIME COST TRADE OFF (TCTO)*" ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :



TIM PENGUJI

Anggota I

Anggota II

Ir. Irwan Sukendar, ST.MT.IP.M.ASEAN.Eng  
NIDN 00-1001-7601

Rieska Ernawati, ST., MT  
NIDN 06-0809-9201

Ketua Penguji

Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng  
NIDN 06-2210-7401



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohammad Shodig Burhanudin

Nim : 31601800058

Judul Tugas Akhir : “ ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PEKERJAAN SIPIL PROYEK PEMBANGUNAN LPG REFRIGERATED DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CRITICAL PATH METHOD* (CPM) DAN *TIME COST TRADE OFF* (TCTO) ”

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan ataupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 29 Desember 2022

Yang menyatakan



Mohammad Shodig Burhanudin

NIM 31601800058

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohammad Shodig Burhanudin

NIM : 31601800058

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi industri

Alamat Asal : Ds. Remen RT 03/01 Kec. Jenu Kab. Tuban

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul :  
**“ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PEKERJAAN SIPIL PROYEK PEMBANGUNAN LPG REFRIGERATED DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CRITICAL PATH METHOD (CPM)* DAN *TIME COST TRADE OFF (TCTO)*”**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan agung.

Semarang, 29 Desember 2022

Yang Menyatakan



Mohammad Shodig Burhanudin

NIM 31601800058



## PERSEMBAHAN

**“Skripsi ini saya persembahkan sangat spesial untuk kedua orangtua saya yang teramat sangat selalu memperjuangkan dan memberikan yang terbaik untuk anak-anaknya. Skripsi ini sebagai tanda bahwa perjuangan orangtua saya tidak sia-sia.”**



## MOTTO

**“Tidak apa-apa tidak harus hari ini, jika tidak hari ini mungkin besok”**





## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas terselesaikannya laporan tugas akhir ini dengan judul :“ ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PEKERJAAN SIPIL PROYEK PEMBANGUNAN LPG REFRIGERATED DENGAN MENGGUNAKAN METODE CRITICAL PATH METHOD (CPM) DAN TIME COST TRADE OFF (TCTO)”. Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mohon maaf atas segala kekurangan.

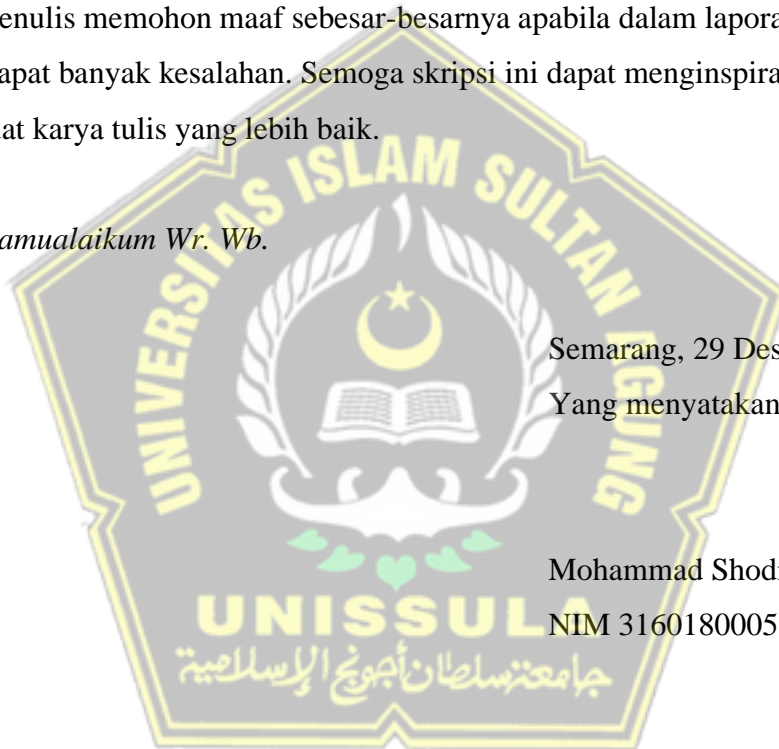
Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak akan berhasil tanpa ada bantuan dan kerjasama dari pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong terwujudnya laporan tugas akhir ini. Segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Kedua orangtua saya, Bapak Gunadi dan Ibu Suparmi atas semangat serta do'a yang tiada henti yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S1.
2. Ibu Nuzulia Khoiriyah, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing pertama dan Ibu Ir. Eli Mas'idah M.T selaku dosen pembimbing kedua, yang penuh kesabaran membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Wiwiek Fatmawati S.T,M.Eng selaku dosen ketua penguji, Bapak Ir. Irwan Sukendar,ST.MT.IPM.ASEAN.Eng selaku dosen penguji II, Ibu Rieska Ernawati, ST., MT selaku dosen penguji III yang telah memberikan saran dan kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Andi selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan waktu dan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian.

5. Keluarga besar Robotik Unissula, terimakasih atas motivasi, segala bentuk perhatian, dan bimbingan karakter yang telah berikan kepada penulis. Terimakasih atas dukungan dan kebahagiaan yang penulis dapatkan selama kurang lebih 4 tahun ini, semoga persudaraan yang telah terjalin kekal sampai akhir hayat.
6. Seluruh keluarga besar Teknik Industri Unissula angkatan 2018 semoga seluruh teman-teman angkatan 2018 sukses dan selalu ingat kepada teman-teman lainnya dan selalu membantu dalam suka dan duka.

Penulis memohon maaf sebesar-besarnya apabila dalam laporan tugas akhir ini terdapat banyak kesalahan. Semoga skripsi ini dapat menginspirasi dalam membuat karya tulis yang lebih baik.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*



Semarang, 29 Desember 2022

Yang menyatakan

Mohammad Shodig Burhanudin

NIM 31601800058

## DAFTAR ISI

<b>LAPORAN TUGAS AKHIR</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	18
2.2.1 Definisi Proyek	18
2.2.2 Ciri-ciri Proyek	18
2.2.3 Jenis-jenis Proyek	18
2.2.4 Manajemen Proyek	19
2.2.5 Segitiga Manajemen Proyek	21
2.2.6 <i>Critical Path Method</i> (CPM)	22
2.2.7 <i>Network Planning</i> (Diagram Kerja)	23
2.2.8 <i>Activity On Node</i> dan <i>Activity On Arrow</i>	24
2.2.9 Lintasan / Jalur Kritis	28
2.2.10 Perhitungan Maju ( <i>Forward Pass</i> )	29
2.2.11 Perhitungan Mundur ( <i>Backward Pass</i> )	29
2.2.12 Waktu <i>Slack / Float</i>	30
2.2.13 Penambahan Jam Lembur Tenaga Kerja	30
2.2.14 Biaya Langsung	31



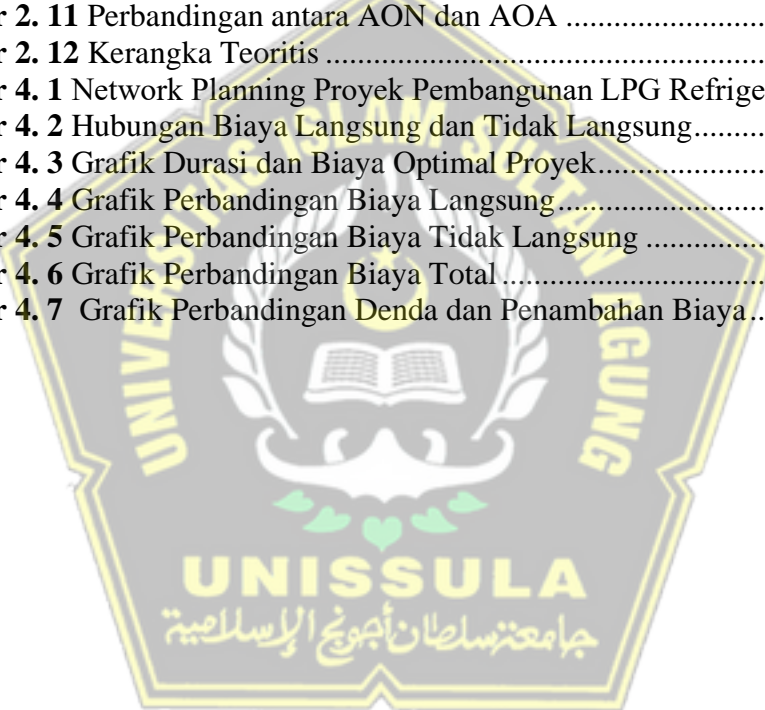
2.2.15	Biaya Tidak Langsung	32
2.2.16	<i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO)	32
2.3	Hipotesis dan Kerangka Teoritis	33
2.3.1	Hipotesis	33
2.3.2	Kerangka Teoritis	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		<b>35</b>
3.1	Penelitian Awal	35
3.2	Pengumpulan Data	36
3.3	Pengolahan Data	36
3.4	Analisa dan Pembahasan	37
3.5	Penarikan Kesimpulan	38
3.6	Diagram Alir	38
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>		<b>40</b>
4.1	Pengumpulan Data	40
4.2	Analisis dengan Metode <i>Critical Path Method</i>	42
4.2.1	Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan	42
4.2.2	Menentukan Waktu Penyelesaian Proyek	45
4.2.3	Perhitungan Maju ( <i>Forward Pass</i> )	45
4.2.4	Perhitungan Mundur ( <i>Backward Pass</i> )	47
4.2.5	Menghitung Total Float Pada Proyek	49
4.2.6	Menentukan Pekerjaan yang Berada di Jalur Kritis	51
4.3	Percepatan Waktu dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i>	53
4.3.1	Perhitungan Upah Lembur Tenaga Kerja	53
4.3.2	Perhitungan <i>Crash Duration</i>	56
4.3.3	Perhitungan Biaya	61
4.3.3.1	Biaya <i>Crashing</i>	61
4.3.3.2	Biaya Langsung dan Tidak Langsung	71
4.3.4	Durasi Optimal Proyek	78
<b>BAB V PENUTUP</b>		<b>84</b>
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	84
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>86</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1</b> Durasi Kerja dan Keterlambatan .....	2
<b>Tabel 2. 1</b> Literatur Review.....	10
<b>Tabel 4. 1</b> Durasi Kerja dan Keterlambatan.....	40
<b>Tabel 4. 2</b> Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan.....	42
<b>Tabel 4. 3</b> Perhitungan Maju .....	46
<b>Tabel 4. 4</b> Perhitungan Mundur.....	48
<b>Tabel 4. 5</b> Perhitungan Nilai Float .....	49
<b>Tabel 4. 6</b> Pekerjaan yang Berada di Jalur Kritis .....	51
<b>Tabel 4. 7</b> Upah Pekerja Perhari dan Perjam.....	53
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil Perhitungan Durasi Percepatan Dengan Penambahan 1 Jam Lembur.....	58
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Perhitungan Durasi Percepatan Dengan Penambahan 2 Jam Lembur .....	59
<b>Tabel 4. 10</b> Hasil Perhitungan Durasi Percepatan Dengan Penambahan 3 Jam Lembur.....	60
<b>Tabel 4. 11</b> Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 1 Jam Lembur.....	62
<b>Tabel 4. 12</b> Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 1 Jam Lembur .....	63
<b>Tabel 4. 13</b> Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 1 Jam Lembur.....	64
<b>Tabel 4. 14</b> Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 2 Jam Lembur .....	65
<b>Tabel 4. 15</b> Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 2 Jam Lembur.....	66
<b>Tabel 4. 16</b> Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 2 Jam Lembur.....	67
<b>Tabel 4. 17</b> Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 3 Jam Lembur .....	68
<b>Tabel 4. 18</b> Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 3 Jam Lembur.....	69
<b>Tabel 4. 19</b> Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 3 Jam Lembur .....	70
<b>Tabel 4. 20</b> Total Biaya Crashing Akibat Percepatan .....	71
<b>Tabel 4. 21</b> Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Kondisi Normal	73
<b>Tabel 4. 22</b> Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 1 Jam Lembur.....	74
<b>Tabel 4. 23</b> Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 2 Jam Lembur.....	75
<b>Tabel 4. 24</b> Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 3 Jam Lembur.....	76
<b>Tabel 4. 25</b> Penambahan Biaya Akibat Percepatan.....	77

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Segitiga Manajemen Proyek .....	21
<b>Gambar 2. 2</b> Anak Panah.....	24
<b>Gambar 2. 3</b> Event / Node .....	25
<b>Gambar 2. 4</b> Dummy .....	25
<b>Gambar 2. 5</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	26
<b>Gambar 2. 6</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	26
<b>Gambar 2. 7</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	26
<b>Gambar 2. 8</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	27
<b>Gambar 2. 9</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	27
<b>Gambar 2. 10</b> Hubungan Antar Kegiatan .....	27
<b>Gambar 2. 11</b> Perbandingan antara AON dan AOA .....	28
<b>Gambar 2. 12</b> Kerangka Teoritis .....	34
<b>Gambar 4. 1</b> Network Planning Proyek Pembangunan LPG Refrigerated.....	52
<b>Gambar 4. 2</b> Hubungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung.....	78
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Durasi dan Biaya Optimal Proyek.....	79
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik Perbandingan Biaya Langsung.....	79
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung .....	80
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Perbandingan Biaya Total .....	80
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Perbandingan Denda dan Penambahan Biaya.....	81





## ABSTRAK

Pembangunan LPG *Refrigerated* yang terletak di tuban, Jawa Timur saat ini sedang dalam proses pembangunan. Pengerjaan proyek direncanakan dalam waktu 399 hari dengan nilai total proyek sebesar Rp. 14.584.800.000. Selama pelaksanaan proyek sering mengalami keterlambatan aktivitas pekerjaan yang menyebabkan durasi waktu penyelesaiannya mengalami kemunduran dari jadwal yang telah ditentukan. Akibatnya terjadi penundaan waktu untuk memulai aktivitas pekerjaan berikutnya. Hal tersebut tidak hanya menambah durasi umur proyek, akan tetapi juga mengakibatkan pembengkakan anggaran biaya. Banyak faktor yang menyebabkan keterlambatan penyelesaian terhadap suatu pekerjaan antara lain ketersediaan material, kondisi alam, letak geografis dan faktor lainnya. Dengan demikian perlu diadakan analisa untuk mempercepat durasi proyek, dimana pada penelitian ini akan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk melakukan percepatan durasi waktu pada aktivitas yang berada di jalur kritis. Hasil Perhitungan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* didapatkan durasi dan biaya optimal proyek pembangunan LPG *Refrigerated* yaitu selama 364 hari dengan penambahan 1 jam lembur yang dapat mempercepat proyek hingga 35 hari dari durasi normal yaitu selama 399 hari dengan total penambahan biaya sebesar Rp. 235.580.228.

**Kata Kunci:** Pembangunan, Keterlambatan, *Critical Path Method* (CPM), *Time Cost Trade Off* (TCTO), Percepatan.

## **ABSTRACT**

*The development of a Refrigerated LPG located in Tuban, East Java is currently under construction. Project work is planned within 399 days with a total project value of Rp. 14,584,800,000. During project implementation, work activities often experience delays which cause the duration of the completion time to experience a setback from the predetermined schedule. As a result, there is a time delay to start the next work activity. This not only increases the duration of the life of the project, but also results in an increase in the budget. Many factors cause delays in the completion of a work including the availability of materials, natural conditions, geographical location and other factors. Thus it is necessary to carry out an analysis to accelerate the duration of the project, which in this study will use the Critical Path Method (CPM) and Time Cost Trade Off (TCTO) methods to accelerate the duration of time for activities that are on a critical path. Calculation results using the Time Cost Trade Off method obtained the optimal duration and cost of the Refrigerated LPG development project, namely for 364 days with the addition of 1 hour of overtime which can accelerate the project by up to 35 days from the normal duration, which is 399 days with a total additional cost of Rp. 235,580,228.*

**Keywords:** *Development, Delay, Critical Path Method (CPM), Time Cost Trade Off (TCTO), Acceleration.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kegiatan proyek pembangunan adalah kegiatan sementara, terbatas waktu yang mengalokasikan sumber daya tertentu untuk menghasilkan produk dengan kriteria kualitas yang jelas. Keberhasilan suatu proyek tidak lepas dari serangkaian aktivitas yang meliputi tahapan perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan, untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Proyek konstruksi yang sukses membutuhkan teknologi atau metode manajemen yang baik untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas kerja. Dengan demikian, perlu adanya pengawasan dan pengendalian semua sektor, khususnya manajemen waktu.

Waktu atau durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan suatu proyek untuk menghasilkan produk yang direncanakan. Sebuah proyek mempersiapkan penjadwalan dengan membuat jadwal yang memiliki distribusi waktu dan urutan dari awal sampai akhir pekerjaan proyek untuk memberikan perkiraan berapa lama proyek akan selesai. Manajemen waktu pada proyek diperlukan untuk memastikan bahwa proyek selesai tepat waktu atau lebih cepat dari waktu yang dijadwalkan.

Pada saat ini sedang berlangsung pembangunan LPG refrigerated yang terletak di tuban, Jawa Timur. LPG refrigerated merupakan tangki yang menampung bahan untuk pembuatan gas LPG. Kontraktor pada proyek ini adalah PT. X yang bekerja sama dengan PT. Y. Selama pelaksanaan proyek sering terjadi adanya keterlambatan aktivitas pekerjaan sehingga durasi waktu penyelesaiannya mengalami kemunduran dari jadwal yang telah ditentukan. Akibatnya terjadi penundaan waktu dimulainya untuk aktivitas pekerjaan berikutnya. Hal tersebut tidak hanya menambah durasi umur proyek tetapi juga mengakibatkan anggaran



biaya mengalami pembengkakan, baik itu dari biaya langsung maupun biaya tidak langsung. Selain itu perusahaan juga terancam terkena denda sebesar 0,1% perhari dari nilai total proyek sebesar Rp. 14.584.800.000 jika proyek tidak bisa diselesaikan tepat waktu. Berikut merupakan data durasi dan keterlambatan pekerjaan proyek pembangunan LPG *Refrigerated*.

**Tabel 1. 1** Durasi Kerja dan Keterlambatan

No.	Nama Pekerjaan	Durasi (hari)	Keterlambatan
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>		
1.	direksi keet	21	-
2.	mobilisasi dan demobilisasi	21	-
3.	pekerjaan pengukuran	28	-
4.	administration & construction permit	7	2
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN LAND CLEARING</b>		
5.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	14	2
6.	pagar temporary proyek	28	-
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH</b>		
7.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	28	4
8.	Pemasangan rembesan air tanah dengan pipa PVC	28	2
9.	pasangan batu kali	35	3
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN GALIAN, TIMBUNAN, &amp; PEMADATAN</b>		
10.	Pekerjaan Galian	28	2
11.	Pekerjaan Timbunan kualitas baik kondisi padat	49	2
12.	Pemeriksaan sample tanah dengan CBR	21	-
13.	Pemeriksaan kepadatan tanah dengan sand cone test	21	-
14.	Pekerjaan Geotextile non woven	35	2
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PEMAGARAN</b>		
15.	Lantai kerja beton mutu K-125	14	-
16.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	21	3
17.	Beton Bertulang mutu K-225 - Sloof	14	-
18.	Kolom untuk Pagar Panel Beton	21	2

**Tabel 1. 1** Durasi Kerja dan Keterlambatan (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Durasi (hari)	Keterlambatan
19.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	28	2
20.	Pagar Panel Beton	14	2
21.	Pagar harmonika	14	2
22.	Pintu gerbang pagar harmonika	14	-
23.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	21	3
24.	Safety line dan pekerjaan bouwplank	14	-
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI TANGKI PROPANA &amp; BUTANA</b>		
25.	Compaction, 90% b.j tanah kering	35	-
26.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	21	2
27.	Bekisting	21	-
28.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	28	2
29.	Beton Ready Mix K-300	35	-
30.	Lantai kerja 5 cm, mutu beton K-125	28	3
31.	Agregat dengan pepadatan	28	-

Berdasarkan studi lapangan yang telah peneliti lakukan, keterlambatan banyak terjadi di beberapa bagian pekerjaan dan keterlambatan bisa terjadi 2 hingga 4 hari dari durasi yang telah ditentukan. Banyak faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan penyelesaian terhadap suatu pekerjaan antara lain ketersediaan material, kondisi alam, letak geografis dan faktor-faktor lainnya yang berpengaruh pada kemajuan dari proyek tersebut. Dari beberapa keterlambatan disetiap pekerjaan total keterlambatan mencapai 23 hari. Jika proyek mengalami keterlambatan selama 23 hari maka perusahaan akan terkena denda senilai Rp. 335.450.400. Dengan demikian perlu diadakan analisa untuk mempercepat durasi proyek, dimana percepatan durasi waktu dapat dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada di jalur kritis dimana pada aktivitas tersebut tidak memiliki waktu kelonggaran.

## 1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Pekerjaan-pekerjaan apa saja yang berada pada lintasan jalur kritis pada pekerjaan sipil proyek pembangunan LPG Refrigerated ?
2. Bagaimana skenario penyelesaian pekerjaan proyek LPG Refrigerated agar tidak mengalami keterlambatan ?
3. Berapa durasi dan biaya optimal setelah dilakukan skenario agar pekerjaan proyek LPG Refrigerated tidak mengalami keterlambatan ?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan selama 2 bulan yaitu bulan (28 Maret – 20 Mei 2022)
2. Durasi dan biaya setiap kegiatan pekerjaan dalam perhitungan normal diperoleh berdasarkan data yang ada pada proyek.
3. Penelitian dilakukan hanya pada pekerjaan sipil proyek pembangunan LPG Refrigerated.
4. Percepatan durasi proyek dilakukan dengan menambah jam lembur tenaga kerja.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis pada pekerjaan sipil proyek pembangunan LPG refrigerated.
2. Mengetahui skenario penyelesaian pekerjaan proyek LPG Refrigerated agar tidak mengalami keterlambatan
3. Menghitung durasi dan biaya optimal setelah dilakukan skenario agar pekerjaan proyek LPG Refrigerated tidak mengalami keterlambatan.

## 1.5 Manfaat

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang terkait seperti :

1. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan *soft skill* dan *hard skill* bagi peneliti dalam menganalisis suatu permasalahan.
2. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menambah wawasan baru bagi mahasiswa khususnya akademisi tentang percepatan suatu proyek.
3. Dapat memberikan rekomendasi kepada perusahaan dalam proyek pembangunan LPG *refrigerated* untuk lebih mengetahui cara mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Berikut merupakan sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun tugas akhir ini :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Menjelaskan mengenai latar belakang masalah dimana proyek mengalami keterlambatan penyelesaian pada beberapa pekerjaan, serta penyebab-penyebab proyek mengalami keterlambatan. Selain itu pada Bab I juga menjelaskan mengenai tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menjelaskan mengenai landasan teori yang membahas tentang metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan. Selain itu pada Bab II juga menjelaskan mengenai tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya sebagai landasan untuk mengerjakan tugas akhir.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Menjelaskan mengenai metode penelitian, prosedur penelitian serta uraian mengenai tahap-tahap pekerjaan yang dilakukan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada Bab IV berisi tentang pengolahan dan perhitungan data yang telah diperoleh. Pada Bab ini membahas hasil perhitungan yang telah dilakukan peneliti yaitu tentang pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis dan juga waktu dan biaya optimal dari proyek setelah dilakukan percepatan.



## **BAB V PENUTUP**

Menjelaskan mengenai kesimpulan akhir penelitian dan saran-saran yang direkomendasikan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan untuk perbaikan proses penelitian selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Mempercepat durasi proyek adalah metode mempercepat penyelesaian proyek melebihi waktu yang direncanakan semula dengan menambahkan sumber daya ke proyek dengan biaya serendah mungkin. Percepatan proyek dilakukan oleh kontraktor supaya terhindar dari keterlambatan akibat banyak faktor. Pada penelitian ini metode untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah *time-cost trade-off* (TCTO) dan metode perencanaan proyek menggunakan metode CPM.

Penelitian mengenai percepatan proyek menggunakan metode TCTO dan penjadwalan menggunakan metode CPM telah banyak dilakukan peneliti sebelumnya. Pada penelitian (Langok Tardok, 2018) dengan judul “Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode CPM dan PERT pada Proyek Pembangunan Dermaga Tanjung Priok”. Penelitian tersebut bertujuan mempercepat durasi proyek. Berdasarkan hasil perhitungan Time Cost Trade Off, maka diperoleh durasi optimal pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok adalah 385 hari dengan penambahan 1 jam lembur dan penghematan biaya sebesar Rp. 405.585.761,29

Pada penelitian (Izzah, 2017) dengan judul “Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X”. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan aktivitas jaringan kerja yang optimal dengan metode *Critical Path Method* (CPM), perencanaan kelayakan yang optimal dengan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), dan mendeskripsikan waktu dan biaya proyek yang efisien dengan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) pada proses pembangunan perumahan. Berdasarkan perhitungan, efisiensi waktu pengerjaan proyek adalah 5,76% dengan selisih percepatan 32 hari kerja. Biaya durasi normal dari 555 hari kerja adalah sebesar Rp. 6.763.839.127. Sedangkan dengan menggunakan percepatan diperoleh 523 hari kerja dengan biaya optimal adalah

sebesar Rp. .753.245.793. Untuk efisiensi biaya dalam pengerjaan proyek adalah 0,156 % dengan selisish biaya normal dengan percepatan adalah Rp. 10.559.334

Dalam penelitian berjudul “Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat” (Widyo Kisworo, Sri Handayani, dan Sunarmasto, 2017). Riset ini bertujuan untuk mempersingkat waktu yang diperlukan untuk mengimplementasikan sebuah proyek dengan biaya seminimal mungkin, menganalisa sejauh mana waktu dapat dikurangi sambil mengeluarkan biaya tambahan sesedikit mungkin, dan membandingkan opsi percepatan yang lebih cepat yang dapat diterapkan. Biaya optimal sebesar Rp. 39.236.409.113,12 dapat dicapai setelah akselerasi dengan menambahkan jam lembur diperoleh dengan waktu optimum 191 hari dan biaya optimal Rp.39.342.963.710,11 untuk percepatan menggunakan metode selain penambahan alat berat diperoleh dengan waktu optimum 212 hari.

“Analisis Optimalisasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode TCTO (*Time Cost Trade Off*)” (Maddepungeng, Suryani, and Hermawan, 2015) (Studi Kasus:Serang Banten (Proyek Pengembangan Pasar Petir) Melalui *project crashing* dan penentuan biaya percepatan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempersingkat durasi proyek. Berdasarkan perhitungan dapat mempercepat proyek hingga 159 hari, tergantung kapan selesai, dan biayanya lebih sedikit, Rp 6.727.075.874,40, dengan penundaan 23 hari sebesar Rp. 6.848.751.591,98, dari percepatan optimal 182 hari.

Dalam penelitian berjudul “Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* Pada Proyek Gudang Amunisi” (Arif Budianto dan Eddy Husin, 2021). Analisis optimalisasi biaya dan waktu menjadi fokus penelitian ini. Dari analisa dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa metode Time Cost Trade Off untuk membangun gudang amunisi dapat memangkas waktu sebesar 34,69% dengan menambah waktu kerja 5 jam per hari, dengan rata-rata durasi optimal 5 hari. mengurangi penggunaan material bekisting, metode *Time Cost Trade Off* menghasilkan penghematan biaya sebesar 4,24%.

Dalam penelitian berjudul “Pengaruh Durasi Percepatan Terhadap Waktu Pada Proyek Konstruksi” (Simatupang, 2015), konstruksi sekolah *eben haezar*

Manado) “Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan durasi dan percepatan biaya yang efektif. Percepatan ini dapat mengurangi total durasi perencanaan dari proyek sebelumnya yang memakan waktu 163 hari menjadi 145 hari (lebih cepat 18 hari), dengan total biaya pekerjaan awal sebelum percepatan menjadi Rp 290.700.000 dan meningkat menjadi Rp 317.925.000 setelah percepatan. Sloof 40x60 K300 14 (lebih cepat 3 hari dari rencana awal 17 hari) dan beberapa pekerjaan lain yang berada di jalur kritis mendukung klaim tersebut. percepatan.





Tabel 2. 1 Literatur Review

No.	Peneliti	Judul	Sumber	Metode	Permasalahan	Hasil
1	(Lamgok Tardok, 2018)	Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode CPM dan PERT pada Proyek Pembangunan Dermaga Tanjung Priok	Tugas Akhir Eigar Lamgok Tardok Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Tahun 2018	<i>Critical Path Method</i> (CPM), <i>Project Evaluation Review Technique</i> (PERT), <i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO)	Dalam pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok yang merupakan hal penting bagi ekonomi rakyat Indonesia, terdapat banyak faktor yang membuat pembangunan mengalami keterlambatan. Untuk itu diperlukan perencanaan dan penjadwalan yang matang agar pengerjaan proyek dapat dilakukan dengan seefisien dan seefektif mungkin.	Dengan menggunakan metode PERT didapatkan probabilitas proyek pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok dapat selesai tepat waktu yaitu dalam jangka waktu 427 hari adalah 81,56%. Berdasarkan hasil perhitungan <i>Time Cost Trade Off</i> , maka didapatkan durasi optimal pembanguan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok adalah 385 hari dengan penambahan 1 jam lembur dan penghematan biaya sebesar Rp. 405.585.761,29
2	(Izzah, 2017)	Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek	Jurnal Ilmiah Rekayasa, Volume 10, Nomor 1, Tahun	<i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO)	Durasi dan biaya proyek pembangunan perumahan di PT. X masih kurang optimal	Efisiensi waktu pengerjaan proyek adalah 5,76% dengan selisih percepatan 32 hari kerja. Biaya durasi normal dari 555 hari kerja adalah sebesar Rp. 6.763.839.127.

		Pembangunan Perumahan di PT. X	2017, Halaman 51-58			Sedangkan dengan menggunakan percepatan diperoleh 523 hari kerja dengan biaya optimal adalah sebesar Rp. 6.753.245.793. Untuk efisiensi biaya dalam pengerjaan proyek adalah 0,156% dengan selisish biaya normal dengan percepatan adalah Rp. 10.559.334
3	(widyo Kisworo, Sri Handayani and Sunarmasto, 2017)	Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat	e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret	<i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO)	Proyek pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Bawen-Solo Seksi II dengan panjang 1,3 km harus dilakukan percepatan pada proses pelaksanaan pembangunan proyek dengan titik tinjauan pekerjaan <i>Main Road</i> . Hal ini disebabkan agar Jalan Tol Semarang-Solo tersebut dapat segera difungsikan	Setelah dilakukan percepatan menggunakan alternatif penambahan jam kerja lembur, diperoleh biaya optimum sebesar Rp 39.236.409.113,12 dan waktu optimum 191 hari, sedangkan percepatan dengan menggunakan alternatif penambahan jumlah alat berat, diperoleh biaya optimum sebesar Rp 39.342.963.710,11 dan waktu optimum 212 hari.

4	(Maddepungeng, Suryani and Hermawan, 2015)	Analisis Optimasi Biaya dan Waktu Dengan Metode TCTO ( <i>Time Cost Trade Off</i> ) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten)	JURNAL FONDASI, Volume 4, Nomor 1, Tahun 2015, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	<i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO)	Durasi dan biaya proyek pembangunan pasar Petir Serang Banten masih belum optimal	Proyek dapat diselesaikan dengan durasi optimum selama 182 hari, namun proyek masih mengalami keterlambatan selama 23 hari. Berdasarkan perhitungan dapat disimpulkan mempercepat proyek hingga maksimum yaitu 159 hari atau tanpa ada keterlambatan mengeluarkan biaya yang lebih sedikit yaitu Rp.6,727,075,874.40 dari pada percepatan optimum yaitu 182 hari dengan keterlambatan 23 hari sebesar Rp. 6,848,751,591.98
5	(Arif Budianto and Eddy Husin, 2021)	Analisis Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> pada Proyek Gudang Amunisi	Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, Volume 19, Nomor 3, Tahun 2021	<i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO)	Pelaksanaan pembangunan gudang amunisi mengalami beberapa kendala khususnya pada pekerjaan beton (dinding, atap dan lantai) sehingga jika dilihat dilapangan	Metode <i>Time Cost Trade Off</i> pada pembangunan Gudang amunisi dapat mengoptimasi waktu sebesar 34,69% dengan penambahan jam kerja sebanyak 5 jam per hari, dengan rata-rata durasi optimum adalah 5 hari. Efisiensi biaya yang didapatkan dengan penerapan

					diprediksi penyelesaian pembangunan Gudang amunisi mengalami keterlambatan atau selesai tidak tepat waktu	metode <i>Time Cost Trade Off</i> adalah 4,24% yang didapatkan dari penghematan pemakaian material bekisting.
6	(Priyo, 2015)	Aplikasi Metode <i>Time Cost Trade Off</i> Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia	JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA Volume 18 No. 1, Halaman 30-43, Tahun 2015	<i>Time Cost Trade Off</i>	Waktu proyek dan biaya proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Indonesia masih kurang optimal	Waktu dan biaya optimum akibat penambahan jam kerja (lembur) didapat pada umur proyek 242 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. 10.481.732.644,58 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 24 hari (9,02%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 43.019.556,39 (0,41%).
7	(Setiawan, 2012)	Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> (TCTO) Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Jakarta	Jurnal Kontruksia, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jakarta	<i>Time Cost Trade Off</i>	Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Jakarta terjadi keterlambatan. Penyebab keterlambatan dalam proyek ini diakibatkan oleh pengaruh cuaca, kurangnya kebutuhan pekerja, suplai material yang kurang / terganggu dan peralatan yang digunakan kurang mencukupi, dan pengaruh	Dari segi waktu didapatkan penyelesaian pelaksanaan untuk : Alternatif 1 : 315 hari terjadi pengurangan 40 hari ; Alternatif 2: 321 hari terjadi pengurangan 34 hari ; Alternatif 3: 302.5 hari terjadi pengurangan 53 hari ; Dari



					dari pihak owner sendiri (keterlambatan supply material besi).	waktu pelaksanaan riil lapangan 355.5 hari. Perubahan biaya total proyek yang terjadi akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan : Alternatif 1 : Rp.18.468.332.922 ; Alternatif 2: Rp.18.424.417.006 ; Alternatif 3: Rp.18.166.643.494. Dari segi biaya terjadi peningkatan akibat pelaksanaan dari ke 3 alternatif tersebut.
8	(Priyo, 2017)	Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta	JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA Volume 20, Nomor 2, 172-186, Tahun 2017	<i>Time Cost Trade Off</i>	waktu dan biaya Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. (Tahap 1) masih kurang optimal	Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 177 hari dan biaya sebesar Rp 40,897,811,578.00, setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapat durasi crashing sebesar 110.03 hari dengan biaya sebesar Rp 40,076,775,588.21. Kemudian setelah penambahan 2 jam kerja lembur didapat durasi crashing sebesar 62.1 hari dengan biaya

						sebesar Rp 39,633,316,095.13. Dan pada penambahan 3 jam kerja lembur didapat durasi crashing sebesar 26.89 hari dengan biaya sebesar Rp 39,369,085,607.83.
9	(Fatimah, 2019)	Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode <i>What If Analysis</i> Dan <i>Crash Program</i> (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Kaligawe – Semarang)	Repository Unissula	<i>What If Analysis</i> dan <i>Crash Program</i>	Adanya permasalahan pada non teknis diantaranya adalah pembebasan lahan, pembebasan lahan ini dikarenakan proyek tersebut memakan lahan milik warga dan perlu adanya pembebasan lahan serta proyek memakan lahan milik jaringan PDAM dan tiang listrik, dan faktor eksternal seperti cuaca/musim, proyek memiliki perkembangan	Dalam menggunakan metode <i>what if analysis</i> pada metode didapatkan hasil perhitungan percepatan durasi kegiatan, total jam- orang, penambahan jumlah pekerja, dan nilai <i>float</i> . Sehingga proyek dapat terselesaikan secara tepat waktu

					yang buruk sehingga implementasi proyek tidak seperti yang direncanakan atau dapat dikatakan kemajuan proyek lebih lambat.	
10	(D, Irwan and Purabasari, 2016)	Analisa Percepatan Proyek Dengan Critical Path Method Pada Proyek Pembangunan Ruang Akomodasi 50pack Awb (Studi Kasus PT. Trikarya Alam)	Jurnal Profiensi Volume 4, No. 1, 58-67, Tahun 2016	<i>Critical Path Method (CPM)</i>	Bagaimana pelaksanaan proyek berkaitan dengan perkiraan lamanya waktu yang dibutuhkan proyek supaya dapat berjalan sesuai dengan waktu yang ditentukan, mengingat proyek yang sebelumnya yang tidak berjalan sesuai dengan rencana sehingga mengakibatkan proyek tidak selesai pada waktunya.	Untuk kondisi awal, perkiraan waktu penyelesaian proyek selama 110 hari dengan jalur kritisa pada aktivitas A, B, C, E, F, I, L, M dan O sedangkan kesepakatan penyelesaian (rencana) proyek adalah 98 hari. Setelah melakukan <i>crash program</i> dengan menggunakan seluruh tenaga kerja yang ada dan juga melakukan penambahan tenaga kerja pada beberapa aktivitas yang memiliki rentang waktu penyelesaian yang bersamaan, waktu penyelesaian dapat lebih cepat 3 hari dari kesepakatan

						penyelesaian (rencana) proyek yakni 95 hari.
11	(Firmansyah and Aryanny, 2020)	Penjadwalan Proyek Pembuatan Lambung Kapal Cepat Rudal Dengan <i>Critical Path Method</i> Di Divisi Kapal Perang PT. XYZ	Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi Vol. I, No. 1, Tahun 2020, Hal. 1-11	<i>Critical Path Method</i> (CPM)	Aktivitas produksi pembuatan Kapal Cepat Rudal cenderung mengalami keterlambatan proses pengerjaan yang lama sehingga menghambat kinerja produksi dan menambah waktu kerja yang menyebabkan penyerahan produk ke konsumen tidak sesuai dengan target waktu yang telah ditetapkan.	Proses produksi lambung kapal yang dilakukan perusahaan membutuhkan waktu selama 101 hari dengan total biaya sebesar Rp 35.644.943.000,-. Setelah dilakukan <i>Crash Program</i> maka pelaksanaan proyek berkurang menjadi 80 hari dengan pengurangan waktu selama 21 hari total biaya sebesar Rp 35.229.389.000,- sehingga terjadi pengurangan biaya sebesar Rp 415.554.000,- atau penurunan biaya sebesar 1,16% dibandingkan biaya awal.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Definisi Proyek**

Proyek adalah serangkaian kegiatan yang pelaksanaannya satu kali dan berjangka pendek, dengan proses mengubah sumber daya proyek menjadi hasil kegiatan dalam bentuk bangunan (Ervianto, 2004).

Menurut (Basuki, 2019) Proyek adalah aktivitas yang kompleks, dengan karakteristik tidak bias terjadi berulang, terbatas waktu, dan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya untuk menghasilkan suatu produk. Terbatasnya pelaksanaan proyek, mengharuskan pengelolaan sumber daya oleh organisasi proyek, guna kegiatan sinkronisasi untuk mencapai tujuan proyek. Selain itu, perlu dipastikan juga bahwa pekerjaan terlaksana secara efisien dan tepat waktu sesuai dengan kualitas yang diharapkan.

Sedangkan menurut (Soeharto, 1999) Kegiatan proyek diartikan sebagai kegiatan sementara berjangka waktu terbatas yang bertujuan memberikan produk atau layanan yang sumber daya tertentu dialokasikan dan standar kualitas yang jelas diuraikan. Ranah tugas dapat berupa membangun pabrik, memproduksi produk baru, atau melakukan penelitian dan pengembangan.

### **2.2.2 Ciri-ciri Proyek**

Menurut (Mayssara A. Abo Hassanin Supervised, 2014) ciri-ciri proyek adalah sebagai berikut :

1. Bertujuan khusus terhadap produk maupun hasil kerja akhir
2. Jumlah biaya, tenggat waktu, dan standar kualitas yang tetap dalam proses pencapaian tujuan
3. Bersifat sementara, dimana dimulainya hingga berakhirnya tugas ditentukan dengan jelas
4. Tidak rutin atau berulang. Sifat dan intensitas kegiatan bervariasi selama kegiatan proyek.

### **2.2.3 Jenis-jenis Proyek**

Menurut (Basuki, 2019), proyek dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis. Berikut merupakan beberapa jenis proyek yaitu :



1. **Proyek Engineering-Konstruksi**  
Terdiri dari pengkajian kelayakan, desain teknik, pengadaan, dan konstruksi.
2. **Proyek Engineering-Manufaktur**  
Dimaksudkan untuk pengembangan produk baru, manufaktur, perakitan, pengujian fungsi, dan operasi produk.
3. **Proyek Penelitian dan Pengembangan**  
Bertujuan untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan produk tertentu.
4. **Proyek Pelayanan Manajemen**  
Proyek pelayanan manajemen hanya memberikan laporan akhir, seperti merancang sistem informasi manajemen, bukan hasil aktual.
5. **Proyek Kapital**  
Proyek kapital merupakan proyek yang berkaitan dengan penggunaan dana kapital untuk investasi.
6. **Proyek Radio-Telekomunikasi**  
Bertujuan untuk membangun jaringan telekomunikasi berbiaya rendah yang dapat mencakup wilayah yang luas.
7. **Proyek Konservasi Bio-Diversity**  
Proyek konservasi keanekaragaman hayati adalah proyek yang berkaitan dengan upaya pelestarian lingkungan hidup.

#### **2.2.4 Manajemen Proyek**

Manajemen proyek merupakan penerapan pengetahuan, keterampilan, alat dan metode untuk kegiatan proyek untuk memenuhi kebutuhan dan harapan para pemangku kepentingan yang terlibat.

Ervianto (2005), menjelaskan bahwa manajemen proyek mencakup keseluruhan perencanaan, pelaksanaan, pengelolaan dan pengorganisasian proyek dari awal (ide)sampai akhir, menjamin proyek disampaikan tepat waktu dengan biaya dan kualitas yang tepat.

Secara umum, lingkup manajemen mencakup perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian proses, seperti produksi atau penyediaan jasa.

Manajemen proyek berbeda dengan kegiatan manajemen umum. Manajemen proyek berfokus pada kendala seperti ruang lingkup kegiatan kritis dengan durasi terbatas dan keterbatasan biaya.

Ada tiga garis besar yang dibahas dalam manajemen proyek untuk menciptakan berlangsungnya sebuah proyek, yaitu :

#### 1. Perencanaan

Perlu disiapkan suatu program teknis dan administratif yang akan dilaksanakan yang bertujuan untuk memenuhi persyaratan spesifikasi (batasan waktu, mutu, biaya, dan keselamatan kerja) selain memiliki perencanaan yang detail yang dipenuhi dengan maksud dan tujuan dari sebuah proyek. Penilaian kelayakan, nilai rekayasa, tata kelola proyek, dan area perencanaan (biaya, kualitas, waktu, keselamatan, sumber daya, lingkungan, risiko, dan informasi sistem) semuanya digunakan dalam perencanaan proyek.

#### 2. Penjadwalan

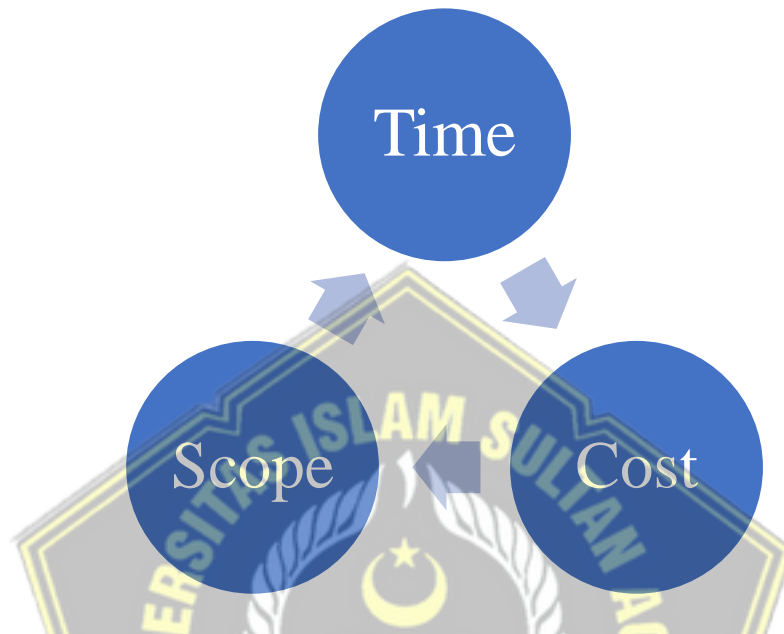
Pelaksanaan rencana yang merinci jadwal dan kemajuan proyek yang direncanakan, termasuk kemajuan sumber daya (biaya, tenaga kerja, peralatan, dan bahan), durasi, dan tanggal penyelesaian, disebut sebagai penjadwalan. Dengan berbagai masalah, perencanaan proyek mengikuti kemajuan proyek. Proses pelatihan dan pematangan sedang berlangsung untuk menetapkan jadwal yang realistis untuk mencapai tujuan proyek. Pengelolaan rencana proyek dapat berupa diagram batang, rencana linier, rencana jaringan, atau durasi dan waktu aktivitas. Untuk memindahkan proyek ke arah yang diinginkan, penyimpangan dari rencana awal dievaluasi dan tindakan korektif diambil.

#### 3. Pengendalian

Pengendalian berpengaruh pada profitabilitas proyek. Tujuan utama adalah untuk menjaga penyimpangan proyek seminimal mungkin. Tujuan dari pengendalian proyek adalah untuk membuat pengiriman layanan sebagai kesadaran biaya, waktu, kualitas, dan keselamatan. Selama proses

pelaksanaan, kegiatan yang dilakukan dalam proses pengelolaan meliputi pemantauan, pengecekan, dan pembetulan.

### 2.2.5 Segitiga Manajemen Proyek



**Gambar 2. 1** Segitiga Manajemen Proyek

Segitiga Manajemen Proyek adalah model manajemen proyek yang digunakan oleh manajer proyek untuk tujuan menganalisis dan memahami masalah yang mungkin terjadi selama pelaksanaan dan implementasi proyek. Hampir semua proyek memiliki keterbatasan, besar maupun kecil, serta menemui kendala dalam pelaksanaannya. Hambatan tersebut tidak boleh menghambat keberhasilan pelaksanaan proyek. Untuk mengatasi kendala apapun, harus ada solusi. Biasanya ada tiga kendala utama yang saling bergantung pada proyek: biaya, durasi, dan ruang lingkup. Segitiga manajemen proyek juga mengacu pada tiga kendala utama. Keseimbangan ketiganya sangat memengaruhi kualitas proyek. Ketiga aspek manajemen proyek ini harus dipertimbangkan dalam setiap rencana kerja proyek:

#### A. Waktu (*Time*)

Waktu adalah faktor penting dalam menyelesaikan sebuah proyek. Setiap proyek memiliki tenggat waktu, dan beberapa membutuhkan waktu lebih lama atau lebih pendek untuk diselesaikan daripada yang lain. Jumlah waktu

yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penugasan proyek ditentukan oleh jumlah karyawan, pengalaman mereka, dan keterampilan mereka.

B. Biaya (*Cost*)

Dalam pelaksanaannya, setiap proyek butuh biaya. Biaya ini termasuk tenaga kerja, peralatan, dan biaya sumber daya lainnya. Demikian, penganggaran atau perkiraan biaya sangat penting untuk memastikan proyek dilaksanakan dengan biaya tertentu. Mungkin perlu adanya alokasi sumber daya tambahan guna memenuhi tenggat waktu yang ditentukan. Hal ini dapat mengakibatkan biaya tambahan dan kemungkinan penalti untuk penyelesaian proyek yang terlambat.

C. Lingkup (*Scope*)

Ruang lingkup yang disebutkan di sini adalah capaian dari hasil akhir dengan menjalankan proyek itu sendiri. Hasil akhirnya harus didefinisikan secara khusus dan dikomunikasikan kepada semua anggota tim yang melakukan tugas pada proyek. Secara umum, komposisi utamanya adalah kualitas produk akhir. Pengelolaan ruang lingkup proyek, termasuk perubahan yang mempengaruhi waktu dan biaya perlu diketahui oleh Manajer Proyek.

### 2.2.6 *Critical Path Method (CPM)*

*Critical Path Method* (CPM) menggunakan perkiraan waktu atau durasi tunggal untuk setiap aktivitas (*Single Duration Estimate*) atau perkiraan tunggal untuk durasi aktivitas tertentu (*deterministik*). Metode jalur kritis, juga disebut sebagai metode CPM, sering digunakan dalam proyek yang melibatkan teknik sipil atau industri. Ketika durasi pekerjaan diketahui dan stabil, pendekatan ini digunakan. (Adzan Novianto, 2018)

Menurut (Alifen *et al.*, 1999) yang menyatakan bahwa *Critical Path Method* (CPM) adalah pendekatan yang disukai untuk perencanaan proyek yang sering digunakan sebagai alat manajemen pelaksanaan proyek.

*Critical Path Method* (CPM), metode perencanaan dan pemantauan proyek, adalah sistem yang paling banyak digunakan di antara semua sistem lain yang menggunakan prinsip jaringan, seperti yang dikemukakan oleh Levin dan

Kirkpatrick (1972). CPM memberikan gambaran yang kuat tentang jangka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan berbagai periode usaha, serta hubungan antara aset yang digunakan dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas. Menurut Siswanto (2007), CPM merupakan model manajemen proyek yang mengutamakan biaya untuk dianalisis. CPM adalah jenis analisis jaringan yang mencoba mengurangi atau mempercepat jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek sehingga biayanya lebih murah dalam jangka panjang.

### 2.2.7 Network Planning (Diagram Kerja)

Menurut Gray dan Larson (2006) *network planning* adalah alat untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengelola kemajuan proyek. Diagram jaringan ini dipandang sebagai contoh yang baik dari teknik dasar untuk mengurutkan dan menjadwalkan aktivitas yang dapat digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Berikut ini beberapa istilah yang digunakan untuk membangun jaringan proyek (Gray dan Larson, 2006) :

1. Aktivitas (activity)  
Merupakan sebuah elemen proyek yang memerlukan waktu.
2. Aktivitas Gabungan  
Merupakan sebuah aktivitas yang memiliki lebih dari satu aktivitas yang mendahuluinya (lebih dari satu anak panah ketergantungan).
3. Aktivitas paralel  
Merupakan aktivitas yang terjadi pada saat yang sama atau aktivitas yang dapat terjadi selagi aktivitas ini terjadi.
4. Jalur  
Sebuah urutan dari berbagai aktivitas yang berhubungan dan tergantung
5. Predecessor  
Aktivitas pendahulu
6. Successor  
Aktivitas pengganti atau aktivitas yang mengikuti aktivitas ini.
7. Jalur kritis



Jalur terpanjang pada jaringan. Jika sebuah aktivitas pada jalur ditunda proyek juga tertunda untuk waktu yang bersamaan

8. **Aktivitas menggelembung**

Aktivitas ini mempunyai lebih dari satu aktivitas yang mengikuti (lebih dari satu anak panah ketergantungan yang mengalir dari aktivitas tersebut)

9. **Event**

Istilah ini digunakan untuk menunjukkan satu titik waktu di mana sebuah aktivitas dimulai atau diselesaikan.

### 2.2.8 *Activity On Node dan Activity On Arrow*

Terdapat dua metode dalam membuat *Network Diagram* metode tersebut menggunakan dua blok pembangunan, yaitu anak panah dan node (Gray dan Larson, 2006). Berikut adalah penjelasan mengenai anak panah dan node menurut (Hayun, 2005) :

1. *Activity* / anak panah

Anak panah menunjukkan aktivitas atau kegiatan, atau tugas terkait proyek. Di sini, aktivitas adalah segala sesuatu yang membutuhkan sejumlah waktu dan sumber daya tertentu (seperti sumber energi, peralatan, bahan, dan biaya). Setiap arah aktivitas dilambangkan dengan anak panah. Ini menunjukkan bahwa aktivitas dimulai dari awal dan bergerak dari kiri ke kanan hingga mencapai kesimpulannya. Panjang dan kemiringan anak panah ini tidak ada artinya. Oleh karena itu, penskalaan tidak diperlukan.

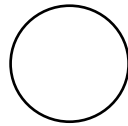


**Gambar 2. 2** Anak Panah

2. *Event* / node

Satu atau lebih peristiwa diwakili oleh sebuah node. Kesimpulan atau penyelesaian dari satu atau lebih kegiatan adalah suatu peristiwa. Penyelesaian beberapa aktivitas dan permulaan aktivitas lainnya diwakili oleh peristiwa yang terjadi pada titik waktu tertentu. Akibatnya, dua peristiwa—biasanya disebut peristiwa kepala dan ekor—memutuskan kapan suatu aktivitas dimulai dan diakhiri. Kegiatan yang dimulai pada acara tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan yang berakhir pada acara

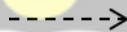
yang sama selesai. Kegiatan yang mengakhiri suatu acara harus didahulukan.simpul.



**Gambar 2. 3 Event / Node**

3. Anak panah terputus-putus ( *Dummy* )

Anak panah terputus-putus menyatakan kegiatan semu atau *dummy activity*. Setiap anak panah memiliki dua peran yang mewakili suatu aktivitas dan membantu menunjukkan hubungan utama antara aktivitas yang berbeda. *Dummy* di sini membantu membatasi dimulainya aktivitas seperti aktivitas normal. Panjang dan kemiringan tidak memiliki arti, sehingga tidak dibutuhkan skala. Perbedaan dari aktivitas normal adalah aktivitas *dummy* tidak memakan waktu atau sumber daya, sehingga waktu dan biaya aktivitas adalah nol.



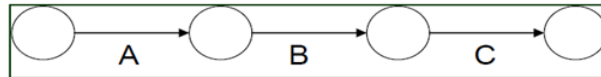
**Gambar 2. 4 Dummy**

Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut (Hayun, 2005) :

1. Di antara dua kejadian (*event*) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
2. Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.
3. Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
4. Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (*initial event*) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (*terminal event*). Adapun logika ketergantungan kegiatan-kegiatan itu dapat diartikan sebagai berikut :
  - a. Jika kegiatan A harus selesai terlebih dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dimulai setelah kegiatan B selesai, maka

hubungan antara kegiatan tersebut dapat di lihat pada gambar dibawah ini.

**Kegiatan A pendahulu kegiatan B dan kegiatan B pendahulu kegiatan C**

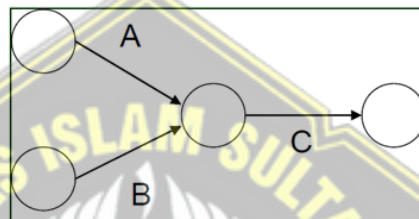


Sumber : Operations Management, 2006

**Gambar 2. 5** Hubungan Antar Kegiatan

- b. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, maka dapat di lihat pada gambar dibawah ini.

**Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C**



Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999

**Gambar 2. 6** Hubungan Antar Kegiatan

- c. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D maka dapat di lihat ada gambar dibawah ini.

**Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D**

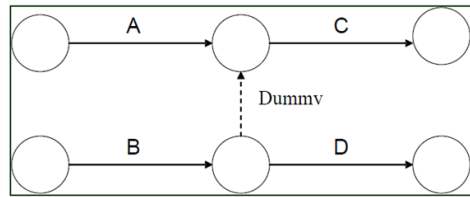


Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999

**Gambar 2. 7** Hubungan Antar Kegiatan

- d. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, maka dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

**Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D**

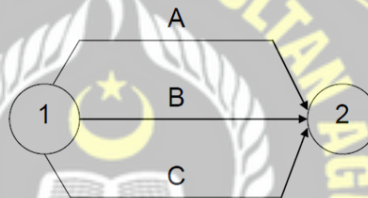


Sumber : Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional, 1999

**Gambar 2. 8** Hubungan Antar Kegiatan

Fungsi *dummy* di atas adalah memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan B. Jika kegiatan A,B, dan C mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka kita tidak boleh menggambarannya seperti pada gambar dibawah ini.

Gambar yang salah bila kegiatan A, B dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama

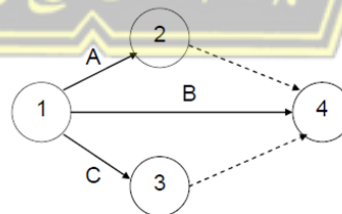


Sumber : Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan, 1999

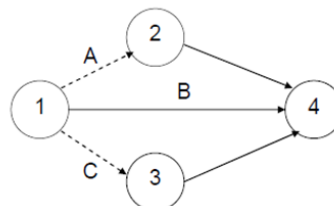
**Gambar 2. 9** Hubungan Antar Kegiatan

Untuk membedakan ketiga kegiatan itu, maka masing-masing harus digambarkan *dummy* seperti pada gambar dibawah ini.

Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama



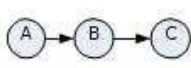
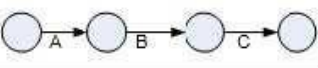
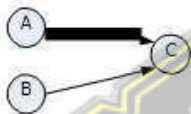
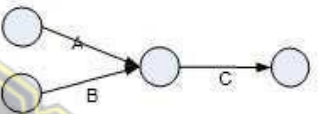
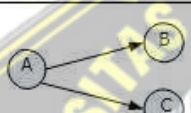
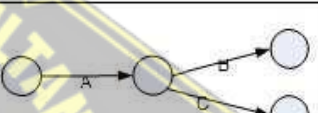



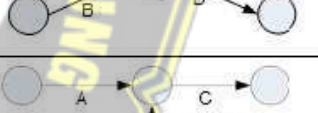
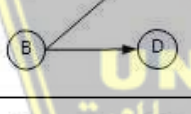

atau



Sumber : Operation Research Model-model Pengambilan Keputusan, 1999

**Gambar 2. 10** Hubungan Antar Kegiatan

Menurut Heizer dan Render (2005), terdapat dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek, yaitu kegiatan-pada-titik (*activity-on-node* – AON) dan kegiatan-pada-panah (*activity-on-arrow* – AOA). Pada pendekatan AON, titik menunjukkan kegiatan, sedangkan pada AOA, panah menunjukkan kegiatan. Gambar dibawah ini mengilustrasikan kedua pendekatan tersebut.

Kegiatan-pada-Titik	Arti dari Kegiatan	Kegiatan-pada-Panah
	A datang sebelum B yang datang sebelum C	
	A dan B keduanya harus diselesaikan sebelum C dapat dimulai	
	B dan C tidak dapat dimulai hingga A selesai	
	C dan D tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai	
	C tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai; D tidak dapat dimulai hingga B selesai. Kegiatan ditunjukkan pada AOA	
	B dan C tidak dapat dimulai hingga A. D tidak dapat dimulai hingga B dan C keduanya selesai. Kegiatan ditunjukkan pada AOA	

Sumber : (Heizer & Render, 2006)

**Gambar 2. 11** Perbandingan antara AON dan AOA

### 2.2.9 Lintasan / Jalur Kritis

Menurut Heizer dan Render (2014), proses maju dan mundur dua langkah digunakan untuk menentukan jadwal aktivitas saat melakukan analisis jalur kritis. Selama umpan maju, ES dan EF ditetapkan. Selama reverse pass, LS dan LF dibuat. Titik paling awal di mana suatu kegiatan dapat dimulai jika semua kegiatan sebelumnya telah selesai disebut sebagai ES (mulai paling awal). Titik paling awal



di mana suatu kegiatan dapat diselesaikan disebut EF (earliest finish). Terakhir kali suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan disebut LS (Late Start). Terakhir kali suatu kegiatan dapat diselesaikan tanpa menunda durasi proyek secara keseluruhan disebut LF (Late Finish).

Menurut Suharto (1999), jalur kritis adalah rangkaian kegiatan kritis yang berjalan dari kegiatan awal hingga kegiatan proyek akhir. Aktivitas dengan durasi terlama adalah jalur kritis. Konsekuensinya, jalur kritis merupakan jalur yang paling signifikan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek.

#### **2.2.10 Perhitungan Maju (*Forward Pass*)**

Dimulai dari *Start (initial event)* menuju *Finish (terminal event)* untuk menghitung waktu penyelesaian tercepat suatu kegiatan (EF), waktu tercepat terjadinya kegiatan (ES) dan saat paling cepat dimulainya suatu peristiwa (E). Aturan Hitungan Maju (*forward pass*) adalah :

1. Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (predecessor) telah selesai.
2. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah dengan kurun waktu kegiatan yang mendahuluinya.  $EF(i-j) = ES(i-j) + t(i-j)$
3. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

#### **2.2.11 Perhitungan Mundur (*Backward Pass*)**

Dimulai dari *Finish* menuju *Start* untuk mengidentifikasi saat paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LF), waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LS) dan saat paling lambat suatu peristiwa terjadi (L). Aturan Hitungan Mundur (*Backward Pass*) adalah :

1. Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan.  $LS(i-j) = LF(i-j) - t$

2. Apabila suatu kegiatan terpecah menjadi 2 kegiatan atau lebih, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.

### 2.2.12 Waktu *Slack* / *Float*

Waktu slack atau waktu bebas ialah waktu yang dimiliki oleh setiap kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan. Secara matematis (Heizer dan Render, 2014) :

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

Ada dua tipe *float* :

1. *Free float* adalah lamanya suatu tugas dapat mundur tanpa menunda tugas berikutnya.
2. Total *float* adalah lamanya suatu tugas dapat mundur tanpa menunda seluruh proyek.

Jalur Kritis adalah jalur yang melewati aktivitas dimana Total *Float* = *Free Float* = 0, artinya jalur dimana setiap aktivitas tidak memiliki waktu kelonggaran, baik total *float* maupun *free float*.

Menurut Badri (1997), manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut :

1. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya.
2. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.

Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan dilakukan *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash project* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.

### 2.2.13 Penambahan Jam Lembur Tenaga Kerja

Dalam penambahan jam lembur tenaga kerja terdapat peraturan-peraturan pemerintah yang harus diikuti oleh kontraktor. Peraturan yang harus diikuti adalah Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian Kerja Waktu

Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja. Ada beberapa pasal yang harus diikuti diantaranya pasal 26, pasal 29, dan pasal 31 yang berisi :

#### **Pasal 26**

4. Waktu Kerja Lembur hanya dapat dilakukan paling lama 4 (empat) jam dalam 1 (satu) hari dan 18 (delapan belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
5. Ketentuan Waktu Kerja Lembur sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak termasuk kerja lembur yang dilakukan pada waktu istirahat mingguan dan/atau hari libur resmi.

#### **Pasal 29**

3. Perusahaan yang mempekerjakan Pekerja/Buruh selama Waktu Kerja Lembur berkewajiban:
  - a. membayar Upah Kerja Lembur;
  - b. memberi kesempatan untuk istirahat secukupnya; dan
  - c. memberikan makanan dan minuman paling sedikit 1.400 (seribu empat ratus) kilo kalori, apabila kerja lembur dilakukan selama 4 (empat) jam atau lebih.
4. Pemberian makanan dan minuman sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c tidak dapat digantikan dalam bentuk uang.

#### **Pasal 31**

1. Perusahaan yang mempekerjakan Pekerja/Buruh melebihi waktu kerja wajib membayar Upah Kerja Lembur dengan ketentuan:
  - a. untuk jam kerja lembur pertama sebesar 1,5 (satu koma lima) kali Upah sejam; dan
  - b. untuk setiap jam kerja lembur berikutnya, sebesar 2 (dua) kali Upah sejam.

#### **2.2.14 Biaya Langsung**

Dalam dunia bisnis, biaya yang dapat ditagih langsung kepada pembayar atau produk disebut sebagai direct cost atau biaya langsung. Menurut Mulyadi (2014), biaya langsung adalah biaya yang timbul semata-mata karena ada sesuatu yang didukung. Jika sesuatu tidak didanai, tidak ada biaya langsung.

Bahan baku (bahan baku), pekerja yang terlibat langsung dalam produksi barang di pabrik, biaya iklan, transportasi, dan sebagainya merupakan contoh biaya langsung. Sebuah perusahaan yang ingin mendesain gedung baru, misalnya, perlu menunjuk seorang manajer proyek untuk mengawasi pembangunan gedung tersebut. Biaya langsung termasuk gaji manajer proyek. Contoh biaya langsung adalah: biaya batu, pasir, beton dan pekerjaan yang disebabkan selama pembuatan semen.

### **2.2.15 Biaya Tidak Langsung**

Biaya yang dibebankan langsung ke unit produksi dan dapat ditelusuri dengan tepat ke objek biaya tetapi sulit dilacak dikenal sebagai biaya tidak langsung. Alokasi biaya lebih akurat ketika biaya dapat ditelusuri ke objek biaya. Biaya yang tidak dapat secara akurat dikaitkan dengan objek biaya tertentu dikenal sebagai biaya tidak langsung. Periklanan dan pemasaran, penyusutan produk, inventaris perusahaan, akuntansi, dan penggajian termasuk di antara biaya-biaya ini. Bisa juga dikatakan bahwa biaya ini bukan hanya biaya terkait produk; mereka juga pengeluaran yang membantu menjaga bisnis berjalan lancar.

Mulyadi (2014) mendefinisikan biaya tidak langsung sebagai biaya yang asalnya melampaui pembiayaan suatu proyek. Pengeluaran ini tidak dapat berbanding lurus dengan jumlah produk yang dihasilkan.

Contoh biaya tidak langsung adalah: biaya asuransi, penyusutan, listrik, dan biaya overhead, yang dipecah menjadi biaya penjualan, biaya umum dan administrasi, dan biaya overhead pabrik.

### **2.2.16 Time Cost Trade Off (TCTO)**

Ervianto (2004) menjelaskan *time cost trade off* adalah proses analisis yang disengaja dan sistematis dan dengan memeriksa semua aktivitas dalam sebuah proyek yang berfokus pada aktivitas yang berada di jalur menuju kepentingan. Kemudian dilakukan kompresi dari jalur kritis dengan nilai cost slope terendah.

Menurut (Soeharto, 1999) prosedur mempersingkat waktu diuraikan sebagai berikut :

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan mengidentifikasi float dengan memakai kurun waktu normal

2. Menentukan biaya normal setiap kegiatan.
3. Menentukan biaya dipercepat setiap kegiatan.
4. Menghitung *cost slope* setiap komponen kegiatan.
5. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *cost slope* terendah.
6. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepatan kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi slope biaya terendah.
7. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan hingga titik proyek dipersingkat.
8. Membuat tabulasi biaya versus waktu, gambarkan dalam grafik dan hubungkan titik normal (biaya dan waktu normal), titik yang terbentuk setiap kali mempersingkat kegiatan sampai dengan Titik Proyek Dipersingkat (TPD).
9. Hitung biaya tidak langsung proyek dan gambarkan pada grafik di atas.
10. Jumlahkan biaya langsung dan biaya tak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan

## **2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis**

### **2.3.1 Hipotesis**

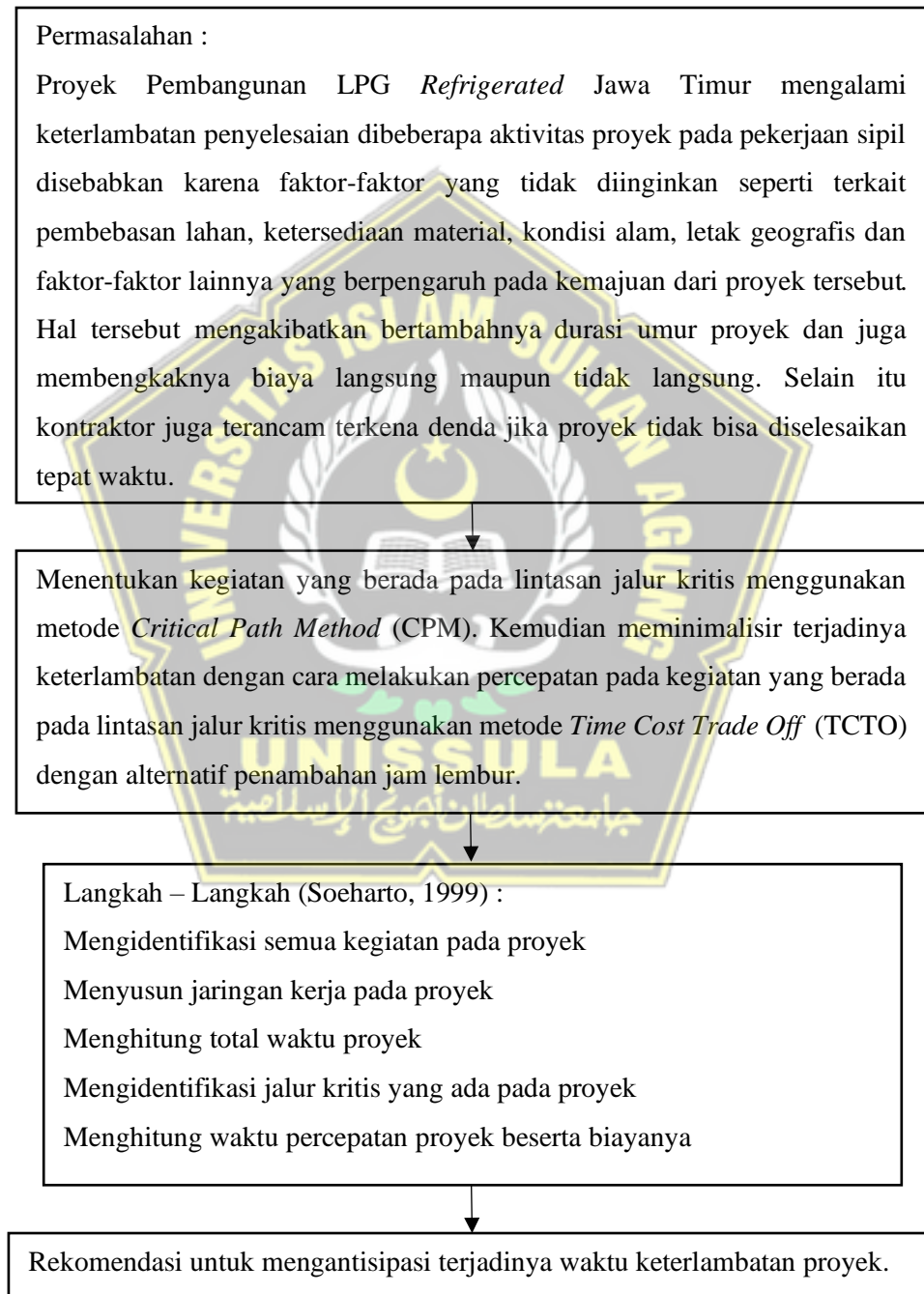
Hipotesa dari penelitian ini adalah waktu penyelesaian proyek pada pekerjaan sipil proyek pembangunan LPG refrigerated masih belum optimal sehingga masih ada kemungkinan terjadi keterlambatan, selain itu pengerjaan proyek yang terlalu lama bisa mengakibatkan pembengkakan pada biaya tak langsung. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan analisa percepatan waktu dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Time Cost Trade Off* (TCTO), dengan membuat *network planning* bisa menentukan aktivitas yang berada jalur kritis menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Untuk metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) digunakan untuk menghitung *crash duration* dari aktivitas yang berada di jalur kritis dengan penambahan jam lebur pekerja. Dengan menggunakan metode CPM dan TCTO diharapkan agar pengerjaan proyek dapat dilakukan



dengan seefisien dan seefektif mungkin. Dalam melakukan perencanaan kegiatan pekerjaan proyek, melakukan percepatan durasi proyek pada perencanaan awal merupakan suatu aspek yang penting juga untuk menghindari keterlambatan.

### 2.3.2 Kerangka Teoritis

Berikut ini merupakan bagan kerangka teoritis dalam penelitian ini :



Gambar 2. 12 Kerangka Teoritis

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Penelitian Awal**

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini tahap pertama yang dilakukan penulis adalah melakukan penelitian awal. Dalam tahap ini peneliti melakukan studi lapangan dan juga studi pustaka untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada serta untuk menentukan batasan dalam penelitian. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap penelitian awal adalah sebagai berikut :

a. Studi Lapangan

Peneliti melakukan studi lapangan untuk mengetahui dan mengumpulkan informasi tentang proyek pembangunan LPG *Refrigerated* dengan cara observasi dan juga wawancara.

b. Identifikasi Masalah

Dari hasil studi lapangan maka peneliti dapat menentukan topik yang akan diambil dalam penelitian tugas akhir. Topik yang akan diambil dalam penelitian tugas akhir ini adalah mengenai percepatan waktu durasi proyek

c. Studi Pustaka

Melakukan studi pustaka atau studi literatur dengan mencari referensi yang mendukung penelitian. Seperti buku-buku, jurnal, artikel ilmiah, ataupun referensi lain yang berhubungan dengan masalah yang diangkat yang kemudian digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan masalah.

d. Batasan Masalah

Setelah mengetahui permasalahan dilapangan, selanjutnya dapat dilakukan pembatasan penelitian agar tidak terjadi pelebaran pokok masalah sehingga tujuan penelitian lebih mudah tercapai. Batasan untuk penelitian ini yaitu penelitian ini hanya dilakukan pada pekerjaan sipil proyek pembangunan LPG *Refrigerated* dengan menggunakan metode *critical path method* dan *time cost trade off*.

### 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan mengumpulkan data dengan cara melakukan pengamatan maupun wawancara dengan pihak yang terkait dan juga informasi yang dibutuhkan penulis dalam memecahkan masalah untuk tujuan penelitian. Penelitian ini :

a. Data Primer

Pengumpulan data primer diperoleh melalui data yang tercantum pada perusahaan serta pengamatan langsung (observasi lapangan). Selain itu juga melalui wawancara kepada penanggung jawab proyek.

b. Data Sekunder

Data sekunder dalam hal ini adalah studi pustaka dengan tujuan untuk memperoleh data sekunder tentang kebijakan atau program yang sedang atau akan dilaksanakan. Informasi sekunder juga dapat diperoleh melalui penelitian sebelumnya, termasuk penelitian manajemen proyek.

### 3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan dua metode yang saling terkait satu sama lain yaitu *critical path method* dan *time cost trade off*. Berikut merupakan langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian ini :

1. Analisis Data Menggunakan Metode CPM (Heizer dan Render, 2014)

a. Menentukan Setiap Pekerjaan

Struktur perincian pekerjaan dapat digunakan untuk membuat daftar item pekerjaan untuk keseluruhan proyek. Informasi tentang proses dan durasi pekerjaan dapat ditambahkan ke dalam daftar kegiatan pekerjaan pada langkah selanjutnya.

b. Tentukan Urutan Pekerjaan

Setiap pekerjaan memiliki ketergantungan pada pekerjaan lain. Membuat daftar ketergantungan antar aktivitas dapat membantu saat membuat diagram jaringan.

- c. *Membuat Network Diagram*  
Setelah hubungan antara pekerjaan ditetapkan, langkah selanjutnya adalah membuat diagram jaringan.
  - d. *Perkiraan Waktu Penyelesaian Proyek*  
Setelah diagram jaringan dibuat, perkiraan waktu penyelesaian proyek dapat ditentukan berdasarkan desain awal perusahaan..
  - e. *Menentukan Jalur Kritis*  
Jalur kritis dapat ditentukan dengan menentukan float/slack dengan nilai 0. Total float dihasilkan oleh LS-ES atau LF-EF.
2. *Analisis Data Menggunakan Metode TCTO (Soeharto, 1999)*
    - a. Tentukan pekerjaan mana yang berada di jalur kritis..
    - b. Menentukan alternatif percepatan waktu proyek. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan opsi mengikutsertakan lembur dalam angkatan kerja.
    - c. Perhitungan biaya crash dan durasi crash untuk setiap pekerjaan kritis.
    - d. Perhitungan biaya langsung dan tidak langsung dengan percepatan waktu.
    - e. Tentukan durasi optimal proyek dengan membandingkan setiap lembur tambahan yang dikerjakan.

### **3.4 Analisa dan Pembahasan**

Analisis dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh dari analisis menggunakan metode CPM dan TCTO. Saat menentukan durasi proyek yang optimal, analisis biaya harus dilakukan. Durasi proyek yang optimal adalah durasi percepatan dengan biaya tambahan yang minimal. Jika biaya percepatan proyek terlalu tinggi, dicari opsi percepatan lain. Namun jika tingkat biaya untuk percepatan proyek sudah optimal, maka hasil analisis diambil sebagai kesimpulan akhir.

### 3.5 Penarikan Kesimpulan

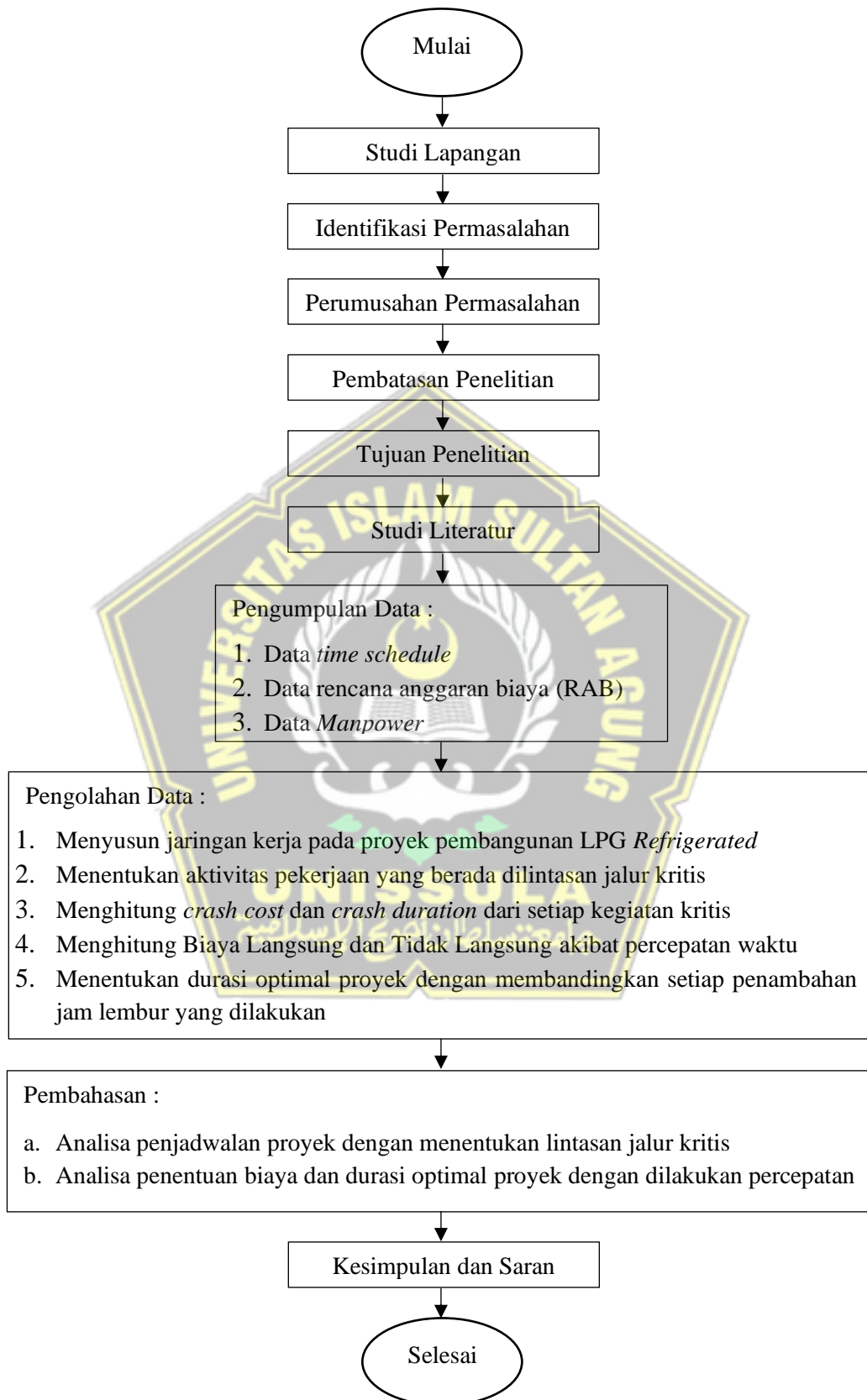
Setelah menganalisis penelitian ini dengan metode CPM dan TCTO, maka dibuat kesimpulan yang menjawab semua permasalahan yang diangkat oleh penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran besaran biaya yang diakibatkan oleh percepatan yang diberikan oleh perusahaan dan lamanya pengerjaan proyek, serta menentukan percepatan terbaik untuk percepatan pembangunan proyek LPG Refrigerated.

### 3.6 Diagram Alir

Flowchart penelitian dibuat sebagai rencana langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dari awal hingga akhir penelitian. Berikut adalah flowchart dari penelitian ini :







**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Pengumpulan Data**

Dalam pelaksanaan rencana proyek, rincian rencana proyek harus sedetail mungkin agar jadwal pelaksanaan kegiatan proyek dapat lebih mudah ditentukan. Dalam hal ini, penjadwalan merupakan faktor yang sangat penting untuk mempercepat proyek. Pada proyek pembangunan LPG *Refrigerated*, pengerjaan proyek membutuhkan waktu 399 hari dengan nilai total proyek sebesar Rp. 14.584.800.000. Berikut adalah data durasi kerja dan keterlambatan pekerjaan sipil proyek pembangunan LPG *Refrigerated*.

**Tabel 4. 1** Durasi Kerja dan Keterlambatan

No.	Nama Pekerjaan	Durasi (hari)	Keterlambatan
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>		
1.	direksi keet	21	-
2.	mobilisasi dan demobilisasi	21	-
3.	pekerjaan pengukuran	28	-
4.	administration & construction permit	7	2
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN LAND CLEARING</b>		
5.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	14	2
6.	pagar temporary proyek	28	-
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH</b>		
7.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	28	4
8.	Pemasangan rembesan air tanah dengan pipa PVC	28	2
9.	pasangan batu kali	35	3
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN GALIAN, TIMBUNAN, &amp; PEMADATAN</b>		
10.	Pekerjaan Galian	28	2
11.	Pekerjaan Timbunan kualitas baik kondisi padat	49	2
12.	Pemeriksaan sample tanah dengan CBR	21	-

**Tabel 4. 1** Durasi Kerja dan Keterlambatan (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Durasi (hari)	Keterlambatan
13.	Pemeriksaan kepadatan tanah dengan sand cone test	21	-
14.	Pekerjaan Geotextile non woven	35	2
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PEMAGARAN</b>		
15.	Lantai kerja beton mutu K-125	14	-
16.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	21	3
17.	Beton Bertulang mutu K-225 - Sloof	14	-
18.	Kolom untuk Pagar Panel Beton	21	2
19.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	28	2
20.	Pagar Panel Beton	14	2
21.	Pagar harmonika	14	2
22.	Pintu gerbang pagar harmonika	14	-
23.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	21	3
24.	Safety line dan pekerjaan bouwplank	14	-
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI TANGKI PROPANA &amp; BUTANA</b>		
25.	Compaction, 90% b.j tanah kering	35	-
26.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	21	2
27.	Bekisting	21	-
28.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	28	2
29.	Beton Ready Mix K-300	35	-
30.	Lantai kerja 5 cm, mutu beton K-125	28	3
31.	Agregat dengan pemadatan	28	-

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui beberapa pekerjaan mengalami keterlambatan selama 2 hingga 4 hari. Dari beberapa keterlambatan disetiap pekerjaan total keterlambatan mencapai 23 hari yang dimana jika proyek mengalami keterlambatan penyelesaian maka perusahaan berpotensi terkena denda 0,1% perhari dari nilai total proyek. Jika proyek mengalami keterlambatan selama 23 hari maka perusahaan akan terkena denda senilai Rp. 335.450.400.

## 4.2 Analisis dengan Metode *Critical Path Method*

Analisis CPM adalah suatu metode untuk mengontrol dan merencanakan waktu eksekusi suatu proyek dengan mengetahui aktivitas mana saja yang berada pada jalur kritis.

### 4.2.1 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

Dalam analisis CPM, hubungan antar pekerjaan diperlukan untuk mengetahui hubungan antara aktivitas sebelumnya dengan aktivitas berikutnya. Suatu kegiatan berkemungkinan untuk memiliki banyak kegiatan pendahulu (*predecessor*) dan banyak kegiatan yang mengikuti (*successor*). Berikut adalah urutan kegiatan hubungan ketergantungan pada proyek pembangunan LPG *Refrigerated*.

Tabel 4. 2 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Pekerjaan Pendahulu	Durasi (hari)
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>			
1.	direksi keet	A		21
2.	mobilisasi dan demobilisasi	B	A	21
3.	pekerjaan pengukuran	C	A	28
4.	administration & construction permit	D	A	7
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN LAND CLEARING</b>			
5.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	B,C,D	14
6.	pagar temporary proyek	F	E	28
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH</b>			
7.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	F	28
8.	Pemasangan rembesan air tanah dengan pipa PVC	H	G	28
9.	pasangan batu kali	I	G	35
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN GALIAN, TIMBUNAN, &amp; PEMADATAN</b>			
10.	Pekerjaan Galian	J	E	28
11.	Pekerjaan Timbunan kualitas baik kondisi padat	K	J	49

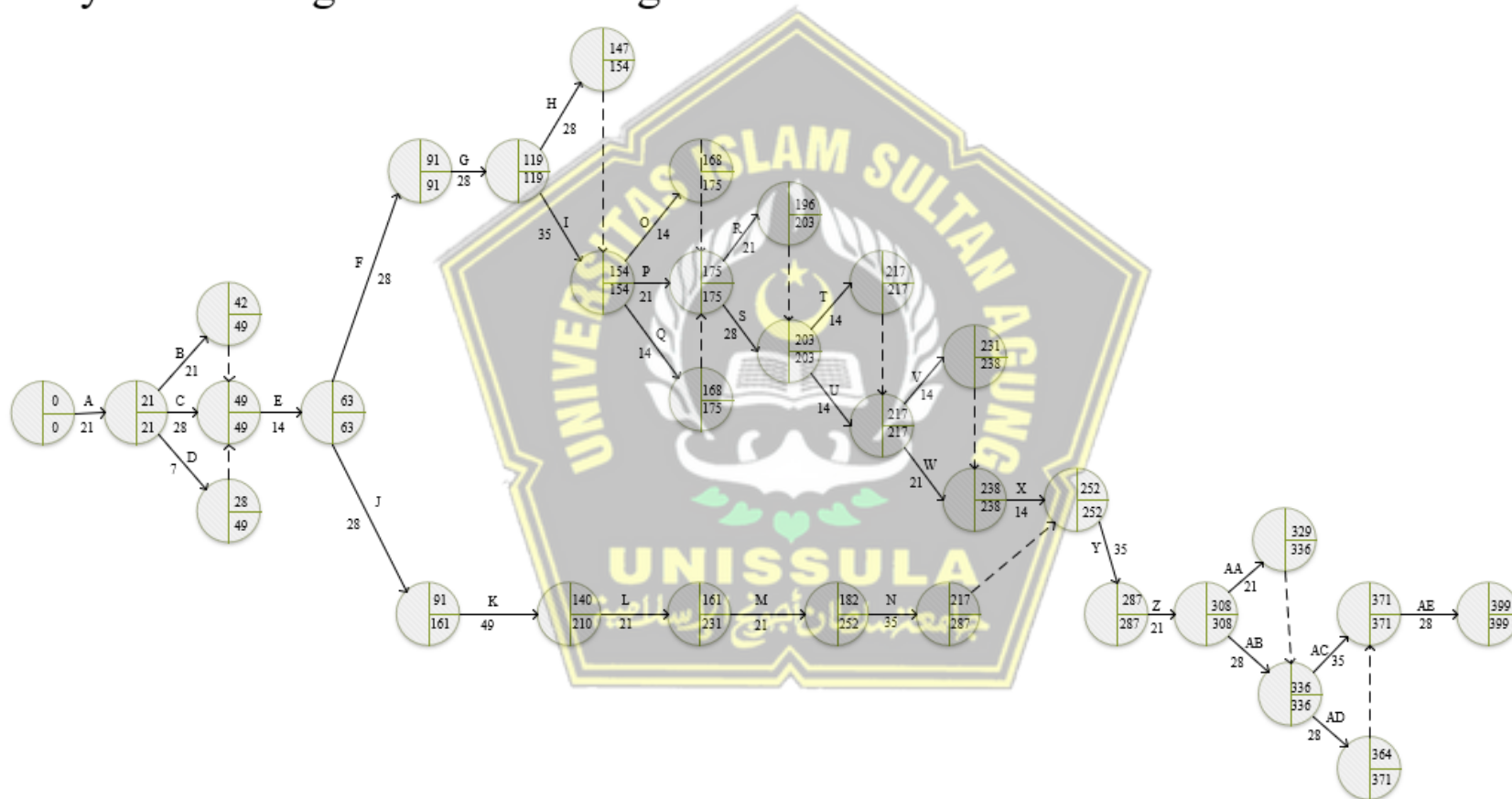
**Tabel 4. 2** Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Pekerjaan Pendahulu	Durasi (hari)
12.	Pemeriksaan sample tanah dengan CBR	L	K	21
13.	Pemeriksaan kepadatan tanah dengan sand cone test	M	L	21
14.	Pekerjaan Geotextile non woven	N	M	35
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PEMAGARAN</b>			
15.	Lantai kerja beton mutu K-125	O	H,I	14
16.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	P	H,I	21
17.	Beton Bertulang mutu K-225 - Sloof	Q	H,I	14
18.	Kolom untuk Pagar Panel Beton	R	O,P,Q	21
19.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	S	O,P,Q	28
20.	Pagar Panel Beton	T	R,S	14
21.	Pagar harmonika	U	R,S	14
22.	Pintu gerbang pagar harmonika	V	T,U	14
23.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	W	T,U	21
24.	Safety line dan pekerjaan bouwplank	X	V,W	14
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI TANGKI PROPANA &amp; BUTANA</b>			
25.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Y	N,X	35
26.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	Y	21
27.	Bekisting	AA	Z	21
28.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	Z	28
29.	Beton Ready Mix K-300	AC	AA,AB	35
30.	Lantai kerja 5 cm, mutu beton K-125	AD	AA,AB	28
31.	Agregat dengan pemadatan	AE	AC,AD	28

Berikut merupakan jaringan kerja dengan durasi normal dari pekerjaan sipil proyek pembangunan LPG Refrigerated.



## Network Planning CPM Proyek Pembangunan LPG Refrigerated



Gambar 4. 1 Jaringan Kerja Normal

#### 4.2.2 Menentukan Waktu Penyelesaian Proyek

Untuk menentukan waktu penyelesaian proyek diperlukan beberapa perhitungan (Lamgok Tardok, 2018) yaitu :

- a. ES (*Earliest Start*)  
Waktu mulai paling awal dari aktivitas.
- b. EF (*Earliest Finish*)  
Waktu Selesai paling awal suatu aktivitas. EF suatu aktivitas terdahulu = ES aktivitas berikutnya
- c. LS (*Latest Start*)  
Waktu paling lambat aktivitas boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
- d. LF (*Latest Finish*)  
Waktu paling lambat aktivitas diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
- e. t (*Duration*)  
Durasi waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas .

#### 4.2.3 Perhitungan Maju (Forward Pass)

Pada perhitungan maju, perhitungan bergerak mulai dari *initial event* menuju *terminal event* (maksudnya ialah menghitung saat yang paling tercepat terjadinya *events*) yang digunakan untuk menghitung waktu penyelesaian tercepat suatu kegiatan (EF) dan waktu tercepat terjadinya kegiatan (ES). Dimana EF didapatkan dari penjumlahan antara ES dan Durasi. Berikut contoh perhitungan maju :

Perhitungan maju pada pekerjaan dengan kode A sampai D

$$EF(a) = ES(a) + D = 0 + 21 = 21$$

$$EF(a-b) = ES(a-b) + D = 21 + 21 = 42$$

$$EF(a-c) = ES(a-c) + D = 21 + 28 = 49$$

$$EF(a-d) = ES(a-d) + D = 21 + 7 = 28$$

Tabel 4. 3 Perhitungan Maju

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi (hari)	ES	EF
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
1.	direksi keet	A	21	0	21
2.	mobilisasi dan demobilisasi	B	21	21	42
3.	pekerjaan pengukuran	C	28	21	49
4.	administration & construction permit	D	7	21	28
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN LAND CLEARING</b>				
5.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	14	49	63
6.	pagar temporary proyek	F	28	63	91
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH</b>				
7.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	28	91	119
8.	Pemasangan rembesan air tanah dengan pipa PVC	H	28	119	147
9.	pasangan batu kali	I	35	119	154
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN GALIAN, TIMBUNAN, &amp; PEMADATAN</b>				
10.	Pekerjaan Galian	J	28	63	91
11.	Pekerjaan Timbunan kualitas baik kondisi padat	K	49	91	140
12.	Pemeriksaan sample tanah dengan CBR	L	21	140	161
13.	Pemeriksaan kepadatan tanah dengan sand cone test	M	21	161	182
14.	Pekerjaan Geotextile non woven	N	35	182	217
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PEMAGARAN</b>				
15.	Lantai kerja beton mutu K-125	O	14	154	168
16.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	P	21	154	175
17.	Beton Bertulang mutu K-225 - Sloof	Q	14	154	168
18.	Kolom untuk Pagar Panel Beton	R	21	175	196
19.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	S	28	175	203
20.	Pagar Panel Beton	T	14	203	217
21.	Pagar harmonika	U	14	203	217

Tabel 4. 3 Perhitungan Maju (lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi (hari)	ES	EF
22.	Pintu gerbang pagar harmonika	V	14	217	231
23.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	W	21	217	238
24.	Safety line dan pekerjaan bouwplank	X	14	238	252
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI TANGKI PROPANA &amp; BUTANA</b>				
25.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Y	35	252	287
26.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	21	287	308
27.	Bekisting	AA	21	308	329
28.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	28	308	336
29.	Beton Ready Mix K-300	AC	35	336	371
30.	Lantai kerja 5 cm, mutu beton K-125	AD	28	336	364
31.	Agregat dengan pematatan	AE	28	371	399

#### 4.2.4 Perhitungan Mundur (Backward Pass)

Perhitungan Mundur adalah hitungan dari ujung ke awal untuk mengetahui waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LF) dan waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LS) dimana LS diperoleh dari pengurangan antara LF dengan durasi (Lamgok Tardok, 2018). Apabila suatu kegiatan terpecah menjadi 2 kegiatan atau lebih, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil. Berikut adalah perhitungan mundur *Critical Path Method*. Berikut merupakan contoh perhitungan mundur :

Perhitungan mundur pada pekerjaan dengan kode AE sampai Z

$$LS(ae) = LF(ae) - D = 399 - 28 = 371$$

$$LS(ac-ab) = LF(ac-ab) - D = 371 - 35 = 336$$

$$LS(ad-ab) = LF(ad-ab) - D = 371 - 28 = 336 \text{ (kegiatan terpecah)}$$

$$LS(ab-z) = LF(ab-z) - D = 336 - 28 = 308$$

$$LS(aa-z) = LF(aa-z) - D = 336 - 21 = 308 \text{ (kegiatan terpecah)}$$

$$LS(z-y) = LF(ab-z) - D = 308 - 21 = 287$$

Tabel 4. 4 Perhitungan Mundur

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi (hari)	LS	LF
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
1.	direksi keet	A	21	0	21
2.	mobilisasi dan demobilisasi	B	21	21	49
3.	pekerjaan pengukuran	C	28	21	49
4.	administration & construction permit	D	7	21	49
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN LAND CLEARING</b>				
5.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	14	49	63
6.	pagar temporary proyek	F	28	63	91
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH</b>				
7.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	28	91	119
8.	Pemasangan rembesan air tanah dengan pipa PVC	H	28	119	154
9.	pasangan batu kali	I	35	119	154
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN GALIAN, TIMBUNAN, &amp; PEMADATAN</b>				
10.	Pekerjaan Galian	J	28	63	161
11.	Pekerjaan Timbunan kualitas baik kondisi padat	K	49	161	210
12.	Pemeriksaan sample tanah dengan CBR	L	21	210	231
13.	Pemeriksaan kepadatan tanah dengan sand cone test	M	21	231	252
14.	Pekerjaan Geotextile non woven	N	35	252	287
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PEMAGARAN</b>				
15.	Lantai kerja beton mutu K-125	O	14	154	175
16.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	P	21	154	175
17.	Beton Bertulang mutu K-225 - Sloof	Q	14	154	175
18.	Kolom untuk Pagar Panel Beton	R	21	175	203
19.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	S	28	175	203
20.	Pagar Panel Beton	T	14	203	217
21.	Pagar harmonika	U	14	203	217



**Tabel 4. 4** Perhitungan Mundur (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi (hari)	LS	LF
22.	Pintu gerbang pagar harmonika	V	14	217	238
23.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	W	21	217	238
24.	Safety line dan pekerjaan bouwplank	X	14	238	252
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI TANGKI PROPANA &amp; BUTANA</b>				
25.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Y	35	252	287
26.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	21	287	308
27.	Bekisting	AA	21	308	336
28.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	28	308	336
29.	Beton Ready Mix K-300	AC	35	336	371
30.	Lantai kerja 5 cm, mutu beton K-125	AD	28	336	371
31.	Agregat dengan pematatan	AE	28	371	399

#### 4.2.5 Menghitung Total Float Pada Proyek

Total float adalah jumlah waktu yang diperbolehkan untuk suatu kegiatan ditunda tanpa mempengaruhi jadwal keseluruhan untuk menyelesaikan proyek. Waktu tersebut sama dengan waktu yang diperoleh ketika semua aktivitas sebelumnya dimulai sedini mungkin, sedangkan semua aktivitas selanjutnya dimulai selambat mungkin. Perhitungan Total float dapat dilakukan dengan mengurangi LS dengan ES atau LF dengan EF. Suatu kegiatan dikatakan kritis ketika total floatnya 0.

**Tabel 4. 5** Perhitungan Nilai Float

No.	Nama Pekerjaan	Kode	ES	EF	LS	LF	Float	Ket
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>							
1.	direksi keet	A	0	21	0	21	0	Kritis
2.	mobilisasi dan demobilisasi	B	21	42	21	49	7	Non Kritis
3.	pekerjaan pengukuran	C	21	49	21	49	0	Kritis
4.	administration & construction permit	D	21	28	21	49	21	Non Kritis

Tabel 4. 5.Perhitungan Nilai Float (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Kode	ES	EF	LS	LF	Float	Ket
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN LAND CLEARING</b>							
5.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	49	63	49	63	0	Kritis
6.	pagar temporary proyek	F	63	91	63	91	0	Kritis
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH</b>							
7.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	91	119	91	119	0	Kritis
8.	Pemasangan rembesan air tanah dengan pipa PVC	H	119	147	119	154	7	Non Kritis
9.	pasangan batu kali	I	119	154	119	154	0	Kritis
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN GALIAN, TIMBUNAN, &amp; PEMADATAN</b>							
10.	Pekerjaan Galian	J	63	91	63	161	70	Non Kritis
11.	Pekerjaan Timbunan kualitas baik kondisi padat	K	91	140	161	210	70	Non Kritis
12.	Pemeriksaan sample tanah dengan CBR	L	140	161	210	231	70	Non Kritis
13.	Pemeriksaan kepadatan tanah dengan sand cone test	M	161	182	231	252	70	Non Kritis
14.	Pekerjaan Geotextile non woven	N	182	217	252	287	70	Non Kritis
26.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	287	308	287	308	0	Kritis
27.	Bekisting	AA	308	329	308	336	7	Non Kritis
28.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	308	336	308	336	0	Kritis
29.	Beton Ready Mix K-300	AC	336	371	336	371	0	Kritis

**Tabel 4. 5** Perhitungan Nilai Float (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Kode	ES	EF	LS	LF	Float	Ket
30.	Lantai kerja 5 cm, mutu beton K-125	AD	336	364	336	371	7	Non Kritis
31.	Agregat dengan pemadatan	AE	371	399	371	399	0	Kritis

#### 4.2.6 Menentukan Pekerjaan yang Berada di Jalur Kritis

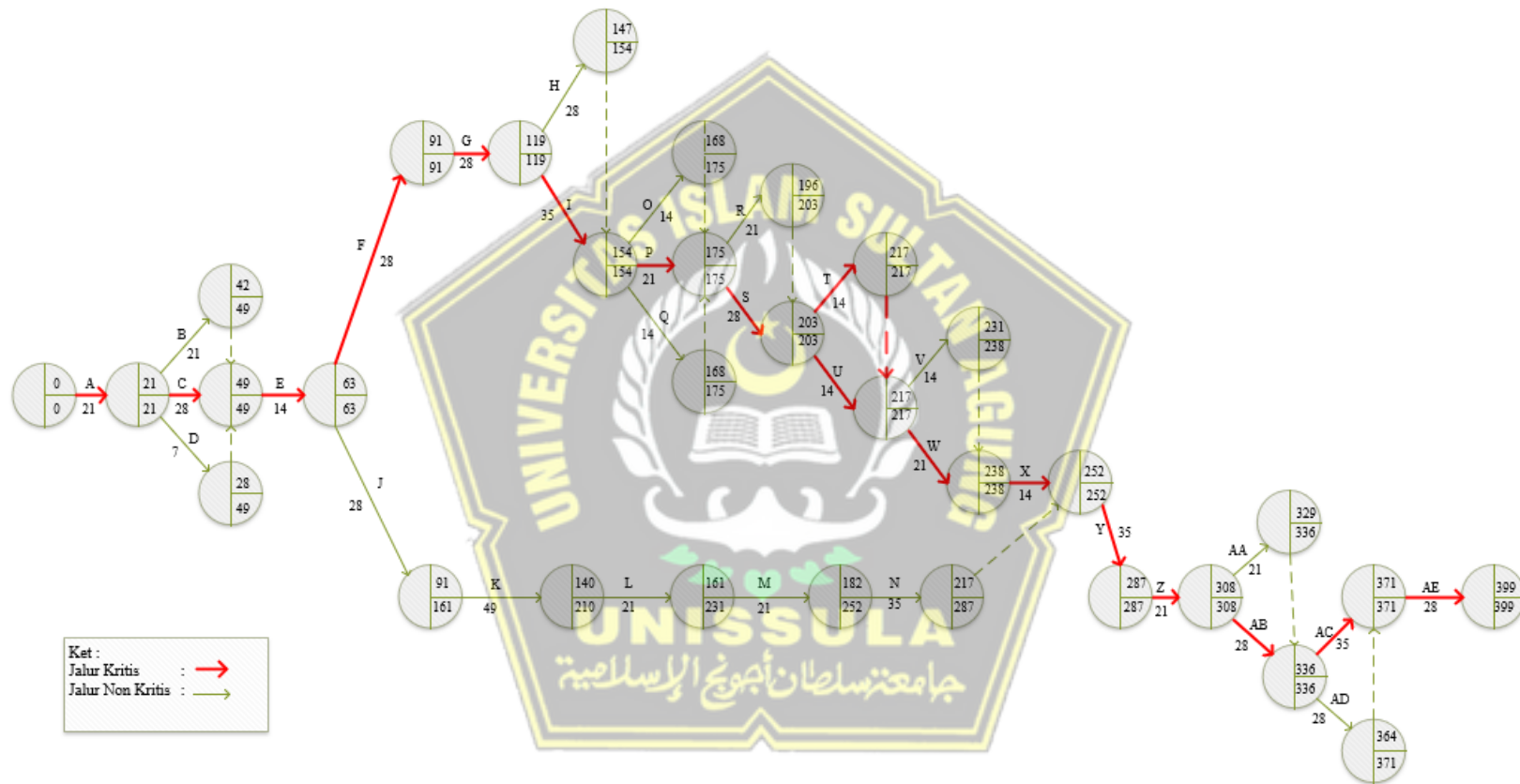
Setelah menghitung total float semua pekerjaan dalam proyek, dapat diidentifikasi pekerjaan di jalur kritis dengan melihat pekerjaan dengan nilai float 0.

**Tabel 4. 6** Pekerjaan yang Berada di Jalur Kritis

Nama Pekerjaan	Kode	Float
direksi keet	A	0
pekerjaan pengukuran	C	0
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	0
pagar temporary proyek	F	0
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	0
pasangan batu kali	I	0
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	P	0
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	S	0
Pagar Panel Beton	T	0
Pagar harmonika	U	0
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	W	0
Safety line dan pekerjaan bouwplank	X	0
Compaction, 90% b.j tanah kering	Y	0
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	0
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	0
Beton Ready Mix K-300	AC	0
Agregat dengan pemadatan	AE	0

Setelah menentukan pekerjaan yang berada di jalur kritis, selanjutnya akan dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur pada pekerjaan yang berada di lintasan jalur kritis. Sedangkan pekerjaan yang tidak berada pada lintasan jalur kritis maka akan dikerjakan sesuai dengan *planning* yang telah dibuat pada awal perencanaan pembangunan proyek.

## Network Planning CPM Proyek Pembangunan LPG Refrigerated



**Gambar 4. 2** Jaringan Kerja Lintasan Jalur Kritis

### 4.3 Percepatan Waktu dengan Metode *Time Cost Trade Off*

Analisis Metode *Time Cost Trade Off* adalah analisis dengan melakukan pertukaran waktu dan biaya untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek, tetapi menimbulkan biaya tambahan. Dalam *analisis time cost trade off ini*, jika waktu penyelesaian proyek berubah maka biaya yang dikeluarkan juga berubah. Jika waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang (Fardila and Adwayah, 2021). Pada penelitian ini, peneliti mempercepat waktu proyek dengan menambahkan lembur. Adapun pekerjaan yang dipercepat yaitu pekerjaan yang berada di lintasan jalur kritis.

#### 4.3.1 Perhitungan Upah Lembur Tenaga Kerja

Besar upah untuk pekerja pada pekerjaan proyek pembangunan LPG *Refrigerated* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Upah Pekerja Perhari dan Perjam

Jenis Pekerja	Upah Pekerja Perhari	Upah Pekerja Perjam
Pekerja	Rp. 115.000	Rp. 14.375
Mandor	Rp. 160.000	Rp. 20.000
Pengawas	Rp. 205.000	Rp. 25.625

Upah pekerja perjam = Upah pekerja perhari / 8 jam

Setelah mengetahui jumlah upah pekerja perhari dan perjam dapat diketahui biaya lembur untuk 1-3 jam dengan perhitungan sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan Biaya Lembur Pekerja :

Biaya perhari (*Normal Cost*) = Rp. 115.000

Biaya perjam = Rp. 14.375

Biaya lembur 1 jam = Biaya normal pekerja perjam x 1,5

= Rp. 14.375,00 x 1,5

= Rp. 21.562,5

Biaya lembur 2 jam = (Biaya normal pekerja perjam x 1,5) + (1 x

Biaya normal pekerja perjam x 1,5 x 2)



$$\begin{aligned}
 &= (\text{Rp. } 14.375 \times 1,5) + (1 \times \text{Rp. } 14.375 \times 1,5 \times 2) \\
 &= \text{Rp. } 64.687,5 \\
 \text{Biaya lembur 3 jam} &= (\text{Biaya normal pekerja perjam} \times 1,5) + (2 \times \\
 &\text{Biaya normal pekerja perjam} \times 1,5 \times 2) \\
 &= (\text{Rp. } 14.375 \times 1,5) + (2 \times \text{Rp. } 14.375 \times 1,5 \times 2) \\
 &= \text{Rp. } 107.812,5
 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya lembur per jam untuk penambahan 1-3 jam lembur adalah sebagai berikut :

Lembur 1 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp. } 21.562,5}{1 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 21.562,5
 \end{aligned}$$

Lembur 2 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp. } 64.687,5}{2 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 32.343,75
 \end{aligned}$$

Lembur 3 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp. } 107.812,5}{3 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 35.937,5
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Biaya Lembur Mandor :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya perhari (Normal Cost)} &= \text{Rp. } 160.000 \\
 \text{Biaya perjam} &= \text{Rp. } 20.000 \\
 \text{Biaya lembur 1 jam} &= \text{Biaya normal mandor perjam} \times 1,5 \\
 &= \text{Rp. } 20.000 \times 1,5 \\
 &= \text{Rp. } 30.000 \\
 \text{Biaya lembur 2 jam} &= (\text{Biaya normal mandor perjam} \times 1,5) + (1 \times \\
 &\text{Biaya normal mandor perjam} \times 1,5 \times 2) \\
 &= (\text{Rp. } 20.000 \times 1,5) + (1 \times \text{Rp. } 20.000 \times 1,5 \times 2) \\
 &= \text{Rp. } 90.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur 3 jam} &= (\text{Biaya normal mandor perjam} \times 1,5) + (2 \times \\
 &\text{Biaya normal mandor perjam} \times 1,5 \times 2) \\
 &= (\text{Rp. } 20.000 \times 1,5) + (2 \times \text{Rp. } 20.000 \times 1,5 \times \\
 &2) \\
 &= \text{Rp. } 150.000
 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya lembur per jam untuk penambahan 1-3 jam lembur adalah sebagai berikut :

Lembur 1 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp.}30.000}{1 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 30.000
 \end{aligned}$$

Lembur 2 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp.}90.000}{2 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 45.000
 \end{aligned}$$

Lembur 3 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp.}150.000}{3 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 50.000
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Biaya Lembur Pengawas :

$$\text{Biaya perhari (Normal Cost)} = \text{Rp. } 205.000$$

$$\text{Biaya perjam} = \text{Rp. } 25.625$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur 1 jam} &= \text{Biaya normal pengawas perjam} \times 1,5 \\
 &= \text{Rp. } 25.625 \times 1,5 \\
 &= \text{Rp. } 38.437,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur 2 jam} &= (\text{Biaya normal pengawas perjam} \times 1,5) + (1 \\
 &\times \text{Biaya normal pengawas perjam} \times 1,5 \times 2) \\
 &= (\text{Rp. } 25.625 \times 1,5) + (1 \times \text{Rp. } 25.625 \times 1,5 \times \\
 &2) \\
 &= \text{Rp. } 115.312,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur 3 jam} &= (\text{Biaya normal pengawas perjam} \times 1,5) + (2 \\
 &\times \text{Biaya normal pengawas perjam} \times 1,5 \times 2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Rp. } 25.625 \times 1,5) + (2 \times \text{Rp. } 25.625 \times 1,5 \times \\
 &2) \\
 &= \text{Rp. } 192.187,5
 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya lembur per jam untuk penambahan 1-3 jam lembur adalah sebagai berikut :

Lembur 1 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp.}38.437,5}{1 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 38.437,5
 \end{aligned}$$

Lembur 2 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp.}115.312,5}{2 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 57.656,25
 \end{aligned}$$

Lembur 3 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur perjam} &= \frac{\text{Rp.}192.187,5}{3 \text{ jam / hari}} \\
 &= \text{Rp. } 64.062,5
 \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Perhitungan *Crash Duration*

*Crash Duration* adalah cara untuk mempercepat waktu proyek dari waktu yang semula direncanakan secepat mungkin (Lamgok Tardok, 2018). Pada penelitian ini, percepatan waktu proyek dengan menambah lembur tenaga kerja pada aktivitas-aktivitas pekerjaan yang berada di lintasan jalur kritis. Oleh karena itu perlu diperhatikan produktivitas pekerja jika ditambahkan jam kerja pada pekerja tersebut. Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam perhari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jam perhari diperhitungkan sebesar 80%, dan 3 jam perhari diperhitungkan 70% dari produktivitas normal. Penurunan produktivitas tenaga kerja disebabkan oleh banyak faktor seperti : kelelahan pekerja, cuaca dingin dan penglihatan malam yang buruk. Perhitungan *Crash Duration* pada proyek pembangunan LPG *Refrigerated* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

(Volume)

$$\frac{(\text{Prod. perjam} \times \text{jam kerja}) + (\sum \text{jam lembur} \times \text{penurunan prod.} \times \text{prod. perjam})}{\text{Volume}}$$

Contoh perhitungan durasi yang bisa di *crash* pada pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis pasangan batu kali dengan penambahan 1 jam lembur :

$$\text{Volume} = 10.610 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi Kerja} = 35 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi Normal} &= 35 \times 8 \text{ jam} \\ &= 280 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Jam Normal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \\ &= \frac{10610}{280} \\ &= 37,89 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal Crashing} &= \frac{10610}{(37,89 \times 8) + (1 \times 0,9 \times 37,89)} \\ &= 31 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih Crashing} &= 35 \text{ hari} - 31 \text{ hari} \\ &= 4 \text{ hari} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan durasi yang bisa di *crash* pada pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis pasangan batu kali dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\text{Volume} = 10.610 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi Kerja} = 35 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi Normal} &= 35 \times 8 \text{ jam} \\ &= 280 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Jam Normal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \\ &= \frac{10610}{280} \\ &= 37,89 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal Crashing} &= \frac{10610}{(37,89 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 37,89)} \\ &= 29 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih Crashing} &= 35 \text{ hari} - 29 \text{ hari} \\ &= 6 \text{ hari} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan durasi yang bisa di *crash* pada pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis pasangan batu kali dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\text{Volume} = 10.610 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi Kerja} &= 35 \text{ hari} \\
 \text{Durasi Normal} &= 35 \times 8 \text{ jam} \\
 &= 280 \text{ jam} \\
 \text{Produktivitas Jam Normal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \\
 &= \frac{10610}{280} \\
 &= 37,89 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Maksimal Crashing} &= \frac{10610}{(37,89 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 37,89)} \\
 &= 28 \text{ hari} \\
 \text{Selisih Crashing} &= 35 \text{ hari} - 28 \text{ hari} \\
 &= 7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah durasi *crashing* akibat penambahan 1-3 jam lembur pada kegiatan yang berada di jalur kritis.

**Tabel 4. 8** Hasil Perhitungan Durasi Percepatan Dengan Penambahan 1 Jam Lembur

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi normal (hari)	Durasi akibat crashing (hari)
	<b>Proyek Pembangunan LPG Refrigerated</b>		<b>399</b>	<b>364</b>
1.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	14	13
2.	pagar temporary proyek	F	28	25
3.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	28	25
4.	pasangan batu kali	I	35	31
5.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	P	21	19
6.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	S	28	25
7.	Pagar Panel Beton	T	14	13
8.	Pagar harmonika	U	14	13
9.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	W	21	19
10.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Y	35	31
11.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	21	19



**Tabel 4. 8** Hasil Perhitungan Durasi Percepatan Dengan Penambahan 1 Jam Lembur (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi normal (hari)	Durasi akibat crashing (hari)
12.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	28	25
13.	Beton Ready Mix K-300	AC	35	31
14.	Agregat dengan pemadatan	AE	28	25

**Tabel 4. 9** Hasil Perhitungan Durasi Percepatan Dengan Penambahan 2 Jam Lembur

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi normal (hari)	Durasi akibat crashing (hari)
	<b>Proyek Pembangunan LPG Refrigerated</b>		<b>399</b>	<b>343</b>
1.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	14	12
2.	pagar temporary proyek	F	28	23
3.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	28	23
4.	pasangan batu kali	I	35	29
5.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	P	21	18
6.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	S	28	23
7.	Pagar Panel Beton	T	14	12
8.	Pagar harmonika	U	14	12
9.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	W	21	18
10.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Y	35	29
11.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	21	18
12.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	28	23
13.	Beton Ready Mix K-300	AC	35	29
14.	Agregat dengan pemadatan	AE	28	23

**Tabel 4. 10** Hasil Perhitungan Durasi Percepatan Dengan Penambahan 3 Jam Lembur

No.	Nama Pekerjaan	Kode	Durasi normal (hari)	Durasi akibat crashing (hari)
	<b>Proyek Pembangunan LPG Refrigerated</b>		<b>399</b>	<b>330</b>
1.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	E	14	11
2.	pagar temporary proyek	F	28	22
3.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	G	28	22
4.	pasangan batu kali	I	35	28
5.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	P	21	17
6.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	S	28	22
7.	Pagar Panel Beton	T	14	11
8.	Pagar harmonika	U	14	11
9.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	W	21	17
10.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Y	35	28
11.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Z	21	17
12.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	AB	28	22
13.	Beton Ready Mix K-300	AC	35	28
14.	Agregat dengan pepadatan	AE	28	22

Pada pekerjaan jalur kritis yang mempunyai satuan Lumpsum (ls) tidak dilakukan percepatan karena volume dari pekerjaan tersebut hanya 1. Dapat diketahui dari tabel diatas dengan penambahan 1 jam lembur tenaga kerja durasi maksimal proyek akibat percepatan adalah 364 hari , 2 jam lembur 343 hari, dan 3 jam lembur 330 hari. Dari durasi normal proyek selama 399 hari sebelum dilakukan percepatan.

### 4.3.3 Perhitungan Biaya

#### 4.3.3.1 Biaya *Crashing*

Biaya *crashing* merupakan Penambahan biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi *crashing* (pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan suatu aktivitas).

Berikut merupakan contoh perhitungan biaya *Crashing* pada kegiatan pekerjaan pasangan batu kali dengan penambahan 1 jam lembur :

Crash cost = upah pekerja perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 21.562,5 \times 28 \times 1 \times 31$$

$$= \text{Rp. } 18.716.250$$

Crash cost = upah mandor perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 30.000 \times 2 \times 1 \times 31$$

$$= \text{Rp. } 1.860.000$$

Crash cost = upah pengawas perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 38.437,5 \times 2 \times 1 \times 31$$

$$= \text{Rp. } 2.383.125$$

Berikut merupakan contoh perhitungan biaya *Crashing* pada kegiatan pekerjaan pasangan batu kali dengan penambahan 2 jam lembur :

Crash cost = upah pekerja perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 32.343,75 \times 28 \times 2 \times 29$$

$$= \text{Rp. } 52.526.250$$

Crash cost = upah mandor perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 45.000 \times 2 \times 2 \times 29$$

$$= \text{Rp. } 5.220.000$$

Crash cost = upah pengawas perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 57.656,25 \times 2 \times 2 \times 29$$

$$= \text{Rp. } 6.688.125$$

Berikut merupakan contoh perhitungan biaya *Crashing* pada kegiatan pekerjaan pasangan batu kali dengan penambahan 3 jam lembur :

Crash cost = upah pekerja perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 35.937,5 \times 28 \times 3 \times 28$$

$$= \text{Rp. } 84.525.000$$

Crash cost = upah mandor perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 50.000 \times 2 \times 3 \times 28$$

$$= \text{Rp. } 8.400.000$$

Crash cost = upah pengawas perjam x banyak pekerja x Jam Lembur x Durasi  
Crashing

$$= \text{Rp. } 64.062,5 \times 2 \times 3 \times 28$$

$$= \text{Rp. } 10.762.500$$

Berikut merupakan perhitungan biaya *crashing* pada kegiatan yang berada pada lintasan jalur kritis akibat penambahan 1-3 jam lembur :

**Tabel 4. 11** Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 1 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 21.563	48	1 jam	13 Hari	Rp13.455.000
pagar temporary proyek	Rp. 21.563	40	1 jam	25 Hari	Rp21.562.500
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 21.563	22	1 jam	25 Hari	Rp11.859.375
pasangan batu kali	Rp. 21.563	28	1 jam	31 Hari	Rp18.716.250
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 21.563	18	1 jam	19 Hari	Rp7.374.375

**Tabel 4. 11** Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 1 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 21.563	24	1 jam	25 Hari	Rp12.937.500
Pagar Panel Beton	Rp. 21.563	37	1 jam	13 Hari	Rp10.371.563
Pagar harmonika	Rp. 21.563	37	1 jam	13 Hari	Rp10.371.563
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 21.563	47	1 jam	19 Hari	Rp19.255.313
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 21.563	58	1 jam	31 Hari	Rp38.769.375
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 21.563	58	1 jam	19 Hari	Rp23.761.875
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 21.563	30	1 jam	25 Hari	Rp16.171.875
Beton Ready Mix K-300	Rp. 21.563	47	1 jam	31 Hari	Rp31.416.563
Agregat dengan pemadatan	Rp. 21.563	23	1 jam	25 Hari	Rp12.398.438
<b>Total Biaya Crashing Pekerja 1 Jam Lembur</b>					<b>Rp. 248.421.563</b>

**Tabel 4. 12** Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 1 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 30.000	4	1 jam	13 Hari	Rp1.560.000
pagar temporary proyek	Rp. 30.000	4	1 jam	25 Hari	Rp3.000.000
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 30.000	2	1 jam	25 Hari	Rp1.500.000
pasangan batu kali	Rp. 30.000	2	1 jam	31 Hari	Rp1.860.000
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 30.000	2	1 jam	19 Hari	Rp1.140.000



**Tabel 4. 12** Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 1 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 30.000	2	1 jam	25 Hari	Rp1.500.000
Pagar Panel Beton	Rp. 30.000	3	1 jam	13 Hari	Rp1.170.000
Pagar harmonika	Rp. 30.000	3	1 jam	13 Hari	Rp1.170.000
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 30.000	3	1 jam	19 Hari	Rp1.710.000
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 30.000	3	1 jam	31 Hari	Rp2.790.000
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 30.000	3	1 jam	19 Hari	Rp1.710.000
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 30.000	3	1 jam	25 Hari	Rp2.250.000
Beton Ready Mix K-300	Rp. 30.000	3	1 jam	31 Hari	Rp2.790.000
Agregat dengan pemadatan	Rp. 30.000	2	1 jam	25 Hari	Rp1.500.000
<b>Total Biaya Crashing Mandor 1 Jam Lembur</b>					<b>Rp 25.650.000</b>

**Tabel 4. 13** Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 1 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 38.438	0	1 jam	13 Hari	-
pagar temporary proyek	Rp. 38.438	3	1 jam	25 Hari	Rp2.882.813
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 38.438	1	1 jam	25 Hari	Rp960.938
pasangan batu kali	Rp. 38.438	2	1 jam	31 Hari	Rp2.383.125
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 38.438	2	1 jam	19 Hari	Rp1.460.625

**Tabel 4. 13** Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 1 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 38.438	2	1 jam	25 Hari	Rp1.921.875
Pagar Panel Beton	Rp. 38.438	2	1 jam	13 Hari	Rp999.375
Pagar harmonika	Rp. 38.438	2	1 jam	13 Hari	Rp999.375
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 38.438	2	1 jam	19 Hari	Rp1.460.625
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 38.438	2	1 jam	31 Hari	Rp2.383.125
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 38.438	2	1 jam	19 Hari	Rp1.460.625
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 38.438	2	1 jam	25 Hari	Rp1.921.875
Beton Ready Mix K-300	Rp. 38.438	2	1 jam	31 Hari	Rp2.383.125
Agregat dengan pemadatan	Rp. 38.438	2	1 jam	25 Hari	Rp1.921.875
<b>Total Biaya Crashing Pengawas 1 Jam Lembur</b>					<b>Rp 23.139.375</b>

**Tabel 4. 14** Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 2 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 32.344	48	2 jam	12 Hari	Rp37.260.000
pagar temporary proyek	Rp. 32.344	40	2 jam	23 Hari	Rp59.512.500
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 32.344	22	2 jam	23 Hari	Rp32.731.875
pasangan batu kali	Rp. 32.344	28	2 jam	29 Hari	Rp52.526.250
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 32.344	18	2 jam	18 Hari	Rp20.958.750

**Tabel 4. 14** Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 2 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 32.344	24	2 jam	23 Hari	Rp35.707.500
Pagar Panel Beton	Rp. 32.344	37	2 jam	12 Hari	Rp28.721.250
Pagar harmonika	Rp. 32.344	37	2 jam	12 Hari	Rp28.721.250
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 32.344	47	2 jam	18 Hari	Rp54.725.625
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 32.344	58	2 jam	29 Hari	Rp108.804.375
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 32.344	58	2 jam	18 Hari	Rp67.533.750
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 32.344	30	2 jam	23 Hari	Rp44.634.375
Beton Ready Mix K-300	Rp. 32.344	47	2 jam	29 Hari	Rp88.169.063
Agregat dengan pemadatan	Rp. 32.344	23	2 jam	23 Hari	Rp34.219.688
<b>Total Biaya Crashing Pekerja 2 Jam Lembur</b>					<b>Rp 694.226.250</b>

**Tabel 4. 15** Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 2 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 45.000	4	2 jam	12 Hari	Rp4.320.000
pagar temporary proyek	Rp. 45.000	4	2 jam	23 Hari	Rp8.280.000
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 45.000	2	2 jam	23 Hari	Rp4.140.000
pasangan batu kali	Rp. 45.000	2	2 jam	29 Hari	Rp5.220.000
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 45.000	2	2 jam	18 Hari	Rp3.240.000

**Tabel 4. 15** Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 2 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 45.000	2	2 jam	23 Hari	Rp4.140.000
Pagar Panel Beton	Rp. 45.000	3	2 jam	12 Hari	Rp3.240.000
Pagar harmonika	Rp. 45.000	3	2 jam	12 Hari	Rp3.240.000
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 45.000	3	2 jam	18 Hari	Rp4.860.000
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 45.000	3	2 jam	29 Hari	Rp7.830.000
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 45.000	3	2 jam	18 Hari	Rp4.860.000
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 45.000	3	2 jam	23 Hari	Rp6.210.000
Beton Ready Mix K-300	Rp. 45.000	3	2 jam	29 Hari	Rp7.830.000
Agregat dengan pemadatan	Rp. 45.000	2	2 jam	23 Hari	Rp4.140.000
<b>Total Biaya Crashing Mandor 2 Jam Lembur</b>					<b>Rp 71.550.000</b>

**Tabel 4. 16** Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 2 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 57.656	0	2 jam	12 Hari	-
pagar temporary proyek	Rp. 57.656	3	2 jam	23 Hari	Rp7.956.563
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 57.656	1	2 jam	23 Hari	Rp2.652.188
pasangan batu kali	Rp. 57.656	2	2 jam	29 Hari	Rp6.688.125
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 57.656	2	2 jam	18 Hari	Rp4.151.250

**Tabel 4. 16** Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 2 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 57.656	2	2 jam	23 Hari	Rp5.304.375
Pagar Panel Beton	Rp. 57.656	2	2 jam	12 Hari	Rp2.767.500
Pagar harmonika	Rp. 57.656	2	2 jam	12 Hari	Rp2.767.500
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 57.656	2	2 jam	29 Hari	Rp6.688.125
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 57.656	2	2 jam	18 Hari	Rp4.151.250
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 57.656	2	2 jam	23 Hari	Rp5.304.375
Beton Ready Mix K-300	Rp. 57.656	2	2 jam	29 Hari	Rp6.688.125
Agregat dengan pemadatan	Rp. 57.656	2	2 jam	23 Hari	Rp5.304.375
<b>Total Biaya Crashing Pengawas 2 Jam Lembur</b>					<b>Rp 64.575.000</b>

**Tabel 4. 17** Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 3 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 35.938	48	3 jam	11 Hari	Rp56.925.000
pagar temporary proyek	Rp. 35.938	40	3 jam	22 Hari	Rp94.875.000
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 35.938	22	3 jam	22 Hari	Rp52.181.250
pasangan batu kali	Rp. 35.938	28	3 jam	28 Hari	Rp84.525.000
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 35.938	18	3 jam	17 Hari	Rp32.990.625
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 35.938	24	3 jam	22 Hari	Rp56.925.000
Pagar Panel Beton	Rp. 35.938	37	3 jam	11 Hari	Rp43.879.688
Pagar harmonika	Rp. 35.938	37	3 jam	11 Hari	Rp43.879.688



**Tabel 4. 17** Perhitungan Biaya Crashing Pekerja Dengan Penambahan 3 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 35.938	47	3 jam	17 Hari	Rp86.142.188
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 35.938	58	3 jam	28 Hari	Rp175.087.500
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 35.938	58	3 jam	17 Hari	Rp106.303.125
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 35.938	30	3 jam	22 Hari	Rp71.156.250
Beton Ready Mix K-300	Rp. 35.938	47	3 jam	28 Hari	Rp141.881.250
Agregat dengan pemadatan	Rp. 35.938	23	3 jam	22 Hari	Rp54.553.125
<b>Total Biaya Crashing Pekerja 3 Jam Lembur</b>					<b>Rp1.101.304.688</b>

**Tabel 4. 18** Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 3 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 50.000	4	3 jam	11 Hari	Rp6.600.000
pagar temporary proyek	Rp. 50.000	4	3 jam	22 Hari	Rp13.200.000
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 50.000	2	3 jam	22 Hari	Rp6.600.000
pasangan batu kali	Rp. 50.000	2	3 jam	28 Hari	Rp8.400.000
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 50.000	2	3 jam	17 Hari	Rp5.100.000
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 50.000	2	3 jam	22 Hari	Rp6.600.000
Pagar Panel Beton	Rp. 50.000	3	3 jam	11 Hari	Rp4.950.000
Pagar harmonika	Rp. 50.000	3	3 jam	11 Hari	Rp4.950.000

**Tabel 4. 18** Perhitungan Biaya Crashing Mandor Dengan Penambahan 3 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 50.000	3	3 jam	17 Hari	Rp7.650.000
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 50.000	3	3 jam	28 Hari	Rp12.600.000
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 50.000	3	3 jam	17 Hari	Rp7.650.000
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 50.000	3	3 jam	22 Hari	Rp9.900.000
Beton Ready Mix K-300	Rp. 50.000	3	3 jam	28 Hari	Rp12.600.000
Agregat dengan pemadatan	Rp. 50.000	2	3 jam	22 Hari	Rp6.600.000
<b>Total Biaya Crashing Mandor 3 Jam Lembur</b>					<b>Rp 113.400.000</b>

**Tabel 4. 19** Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 3 Jam Lembur

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 64.063	0	3 jam	11 Hari	-
pagar temporary proyek	Rp. 64.063	3	3 jam	22 Hari	Rp12.684.375
Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 64.063	1	3 jam	22 Hari	Rp4.228.125
pasangan batu kali	Rp. 64.063	2	3 jam	28 Hari	Rp10.762.500
Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 64.063	2	3 jam	17 Hari	Rp6.534.375
Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 64.063	2	3 jam	22 Hari	Rp8.456.250
Pagar Panel Beton	Rp. 64.063	2	3 jam	11 Hari	Rp4.228.125
Pagar harmonika	Rp. 64.063	2	3 jam	11 Hari	Rp4.228.125

**Tabel 4. 19** Perhitungan Biaya Crashing Pengawas Dengan Penambahan 3 Jam Lembur (lanjutan)

Nama Pekerjaan	Upah Perjam	Banyak Pekerja	Jam Lembur	Durasi Crash	Biaya Crashing
Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 64.063	2	3 jam	17 Hari	Rp6.534.375
Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 64.063	2	3 jam	28 Hari	Rp10.762.500
Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 64.063	2	3 jam	17 Hari	Rp6.534.375
Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 64.063	2	3 jam	22 Hari	Rp8.456.250
Beton Ready Mix K-300	Rp. 64.063	2	3 jam	28 Hari	Rp10.762.500
Agregat dengan pemadatan	Rp. 64.063	2	3 jam	22 Hari	Rp8.456.250
<b>Total Biaya Crashing Pengawas 3 Jam Lembur</b>					<b>Rp 102.628.125</b>

**Tabel 4. 20** Total Biaya Crashing Akibat Percepatan

Jenis Pekerja	Biaya Crashing 1 Jam Lembur	Biaya Crashing 2 Jam Lembur	Biaya Crashing 3 Jam Lembur
Pekerja	Rp. 248.421.563	Rp. 694.226.250	Rp. 1.101.304.688
Mandor	Rp. 25.650.000	Rp. 71.550.000	Rp. 113.400.000
Pengawas	Rp. 23.139.375	Rp. 64.575.000	Rp. 102.628.125
<b>Total Biaya Crashing</b>	<b>Rp. 297.210.938</b>	<b>Rp. 830.351.250</b>	<b>Rp. 1.317.332.813</b>

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa dengan penambahan 1 jam lembur biaya *crashing* yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 297.210.938, penambahan 2 jam lembur sebesar Rp. 830.351.250, dan penambahan 3 jam lembur sebesar Rp. 1.317.332.813

#### 4.3.3.2 Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Berikut merupakan perhitungan biaya langsung dan tidak langsung dengan penambahan 1-3 jam lembur dapat dilihat contoh pada pekerjaan pasangan batu kali dibawah ini :

## 1. Kondisi Normal

$$\text{Biaya Langsung} = \text{Rp. } 430.134.300$$

$$\text{Biaya Tidak Langsung} = \text{Rp. } 32.375.700$$

$$\text{Biaya Total} = \text{Rp. } 430.134.300 + \text{Rp. } 32.375.700$$

$$= \text{Rp. } 462.510.000$$

## 2. Kondisi Lembur 1 Jam

$$\text{Biaya Langsung} = \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Biaya Crashing}$$

$$= \text{Rp. } 430.134.300 + \text{Rp. } 22.959.375$$

$$= \text{Rp. } 453.093.675$$

$$\text{Biaya Tidak Langsung} = (\text{Rp. } 32.375.700 : 35) \times 31$$

$$= \text{Rp. } 28.675.620$$

$$\text{Biaya Total} = \text{Rp. } 453.093.675 + \text{Rp. } 28.675.620$$

$$= \text{Rp. } 481.769.295$$

## 3. Kondisi Lembur 2 Jam

$$\text{Biaya Langsung} = \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Biaya Crashing}$$

$$= \text{Rp. } 430.134.300 + \text{Rp. } 64.434.375$$

$$= \text{Rp. } 494.568.675$$

$$\text{Biaya Tidak Langsung} = (\text{Rp. } 32.375.700 : 35) \times 29$$

$$= \text{Rp. } 26.825.580$$

$$\text{Biaya Total} = \text{Rp. } 494.568.675 + \text{Rp. } 26.825.580$$

$$= \text{Rp. } 521.394.255$$

## 4. Kondisi Lembur 3 Jam

$$\text{Biaya Langsung} = \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Biaya Crashing}$$

$$= \text{Rp. } 430.134.300 + \text{Rp. } 103.687.500$$

$$= \text{Rp. } 533.821.800$$

$$\text{Biaya Tidak Langsung} = (\text{Rp. } 32.375.700 : 35) \times 28$$

$$= \text{Rp. } 25.900.560$$

$$\text{Biaya Total} = \text{Rp. } 533.821.800 + \text{Rp. } 25.900.560$$

$$= \text{Rp. } 559.722.360$$

Dibawah ini merupakan perhitungan biaya langsung dan tidak langsung pada pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis pada kondisi normal dan dengan percepatan menggunakan penambahan 1-3 jam lembur.

**Tabel 4. 21** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Kondisi Normal

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
1.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 404.058.960	Rp. 30.413.040	Rp. 434.472.000
2.	pagar temporary proyek	Rp. 338.464.200	Rp. 25.475.800	Rp. 363.940.000
3.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 321.886.950	Rp. 24.228.050	Rp. 346.115.000
4.	pasangan batu kali	Rp. 430.134.300	Rp. 32.375.700	Rp. 462.510.000
5.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 238.665.900	Rp. 17.964.100	Rp. 256.630.000
6.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 269.848.800	Rp. 20.311.200	Rp. 290.160.000
7.	Pagar Panel Beton	Rp. 456.183.600	Rp. 34.336.400	Rp. 490.520.000
8.	Pagar harmonika	Rp. 459.466.500	Rp. 34.583.500	Rp. 494.050.000
9.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 438.053.250	Rp. 32.971.750	Rp. 471.025.000
10.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 506.482.650	Rp. 38.122.350	Rp. 544.605.000
11.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 327.508.800	Rp. 24.651.200	Rp. 352.160.000
12.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 1.362.636.000	Rp. 102.564.000	Rp. 1.465.200.000
13.	Beton Ready Mix K-300	Rp. 2.100.777.000	Rp. 158.123.000	Rp. 2.258.900.000



**Tabel 4. 21** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Kondisi Normal (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
14.	Agregat dengan pemadatan	Rp. 337.032.000	Rp. 25.368.000	Rp. 362.400.000
<b>Total Biaya Proyek Pembangunan LPG Refrigerated</b>		<b>Rp. 13.563.864.000</b>	<b>Rp. 1.020.936.000</b>	<b>Rp. 14.584.800.000</b>

**Tabel 4. 22** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 1 Jam Lembur

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
1.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp419.073.960	Rp. 28.240.680	Rp447.314.640
2.	pagar temporary proyek	Rp. 365.909.513	Rp. 22.746.250	Rp. 388.655.763
3.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 336.207.263	Rp. 21.632.188	Rp. 357.839.450
4.	pasangan batu kali	Rp. 453.093.675	Rp. 28.675.620	Rp. 481.769.295
5.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 248.640.900	Rp. 16.253.233	Rp. 264.894.133
6.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 286.208.175	Rp. 18.135.000	Rp. 304.343.175
7.	Pagar Panel Beton	Rp. 468.724.538	Rp. 31.883.800	Rp. 500.608.338
8.	Pagar harmonika	Rp. 472.007.438	Rp. 32.113.250	Rp. 504.120.688
9.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 460.479.188	Rp. 29.831.583	Rp. 490.310.771
10.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 550.425.150	Rp. 33.765.510	Rp. 584.190.660
11.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 354.441.300	Rp. 22.303.467	Rp. 376.744.767

**Tabel 4. 22** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 1 Jam Lembur (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
12.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp. 1.382.979.750	Rp. 91.575.000	Rp. 1.474.554.750
13.	Beton Ready Mix K-300	Rp. 2.137.366.688	Rp. 140.051.800	Rp. 2.277.418.488
14.	Agregat dengan pemadatan	Rp. 352.852.313	Rp. 22.650.000	Rp. 375.502.313
<b>Total Biaya Proyek Pembangunan LPG Refrigerated</b>		<b>Rp. 13.861.074.938</b>	<b>Rp. 959.305.291</b>	<b>Rp. 14.820.380.228</b>

**Tabel 4. 23** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 2 Jam Lembur

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
1.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 445.638.960	Rp. 26.068.320	Rp. 471.707.280
2.	pagar temporary proyek	Rp. 414.213.263	Rp. 20.926.550	Rp. 435.139.813
3.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 361.411.013	Rp. 19.901.613	Rp. 381.312.625
4.	pasangan batu kali	Rp. 494.568.675	Rp. 26.825.580	Rp. 521.394.255
5.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 267.015.900	Rp. 15.397.800	Rp. 282.413.700
6.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 315.000.675	Rp. 16.684.200	Rp. 331.684.875
7.	Pagar Panel Beton	Rp. 490.912.350	Rp. 29.431.200	Rp. 520.343.550
8.	Pagar harmonika	Rp. 494.195.250	Rp. 29.643.000	Rp. 523.838.250
9.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 501.790.125	Rp. 28.261.500	Rp. 530.051.625

**Tabel 4. 23** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 2 Jam Lembur (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
10.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 629.805.150	Rp. 31.587.090	Rp. 661.392.240
11.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 404.053.800	Rp. 21.129.600	Rp. 425.183.400
12.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp 1.418.784.750	Rp. 84.249.000	Rp 1.503.033.750
13.	Beton Ready Mix K-300	Rp 2.203.464.188	Rp. 131.016.200	Rp 2.334.480.388
14.	Agregat dengan pemadatan	Rp. 380.696.063	Rp. 20.838.000	Rp. 401.534.063
<b>Total Biaya Proyek Pembangunan LPG Refrigerated</b>		<b>Rp. 14.394.215.250</b>	<b>Rp. 921.407.563</b>	<b>Rp. 15.315.622.813</b>

**Tabel 4. 24** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 3 Jam Lembur

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
1.	Penebasan semak belukar, penebangan pohon, pembersihan humus	Rp. 467.583.960	Rp. 23.895.960	Rp. 491.479.920
2.	pagar temporary proyek	Rp. 459.223.575	Rp. 20.016.700	Rp. 479.240.275
3.	Penggalian tanah dan pengangkutan tanah hasil galian	Rp. 384.896.325	Rp. 19.036.325	Rp. 403.932.650
4.	pasangan batu kali	Rp. 533.821.800	Rp. 25.900.560	Rp. 559.722.360
5.	Pondasi Kolom Permanent fence mutu K-225	Rp. 283.290.900	Rp. 14.542.367	Rp. 297.833.267
6.	Pondasi beton bertulang untuk Pagar Harmonika	Rp. 341.830.050	Rp. 15.958.800	Rp. 357.788.850
7.	Pagar Panel Beton	Rp. 509.241.413	Rp. 26.978.600	Rp. 536.220.013
8.	Pagar harmonika	Rp. 512.524.313	Rp. 27.172.750	Rp. 539.697.063

**Tabel 4. 24** Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung Akibat 3 Jam Lembur (Lanjutan)

No.	Nama Pekerjaan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	Total
9.	Kawat duri 8 Layer pagar pre cast dan 5 layer pagar harmonika	Rp. 538.379.813	Rp. 26.691.417	Rp. 565.071.229
10.	Compaction, 90% b.j tanah kering	Rp. 704.932.650	Rp. 30.497.880	Rp. 735.430.530
11.	Backfilling padat 95% b.j tanah kering	Rp. 447.996.300	Rp. 19.955.733	Rp. 467.952.033
12.	Besi tulangan ulir + kawat pengikat + decking	Rp 1.452.148.500	Rp. 80.586.000	Rp 1.532.734.500
13.	Beton Ready Mix K-300	Rp 2.266.020.750	Rp. 126.498.400	Rp 2.392.519.150
14.	Agregat dengan pemadatan	Rp. 406.641.375	Rp. 19.932.000	Rp. 426.573.375
<b>Total Biaya Proyek Pembangunan LPG Refrigerated</b>		<b>Rp. 14.881.196.813</b>	<b>Rp. 897.111.402</b>	<b>Rp. 15.778.308.214</b>

**Tabel 4. 25** Rekapitulasi Hasil Perhitungan

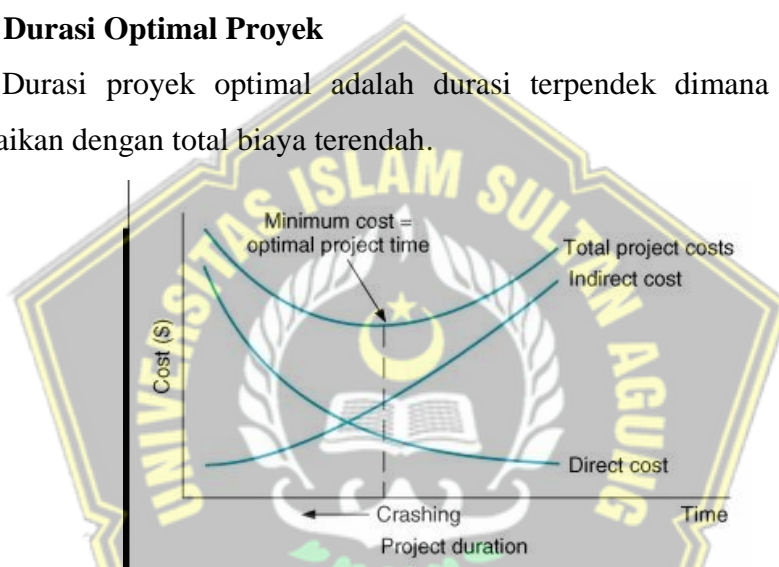
Lama Lembur	Durasi Penyelesaian	Total Biaya Akibat Percepatan	Total Biaya Normal	Penambahan Biaya
1 Jam	364 Hari	Rp. 14.820.380.228	Rp. 14.584.800.000	Rp. 235.580.228
2 Jam	343 Hari	Rp. 15.315.622.813	Rp. 14.584.800.000	Rp. 730.822.813
3 Jam	330 Hari	Rp. 15.778.308.214	Rp. 14.584.800.000	Rp. 1.193.508.214

Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui percepatan dengan penambahan 1 jam lembur proyek dapat diselesaikan dalam waktu 364 hari dan memerlukan biaya total Rp. 14.820.380.228 dengan penambahan biaya sebesar Rp. 235.580.228 dari biaya total normal, pada penambahan 2 jam lembur proyek dapat diselesaikan dalam waktu 364 dan memerlukan biaya total Rp. 15.315.622.813 dengan penambahan biaya sebesar Rp. 730.822.813 dari biaya total normal, sedangkan pada penambahan 3 jam lembur proyek dapat diselesaikan

dalam waktu 330 hari dan total biaya mengalami kenaikan yang cukup signifikan yaitu sebesar Rp. 15.778.308.214 dengan penambahan biaya sebesar Rp. 1.193.508.214 dari biaya total normal. Sementara dalam kondisi normal, menurut perencanaan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 399 hari dengan biaya total sebesar Rp. 14.584.800.000. Namun, terdapat keterlambatan dalam penyelesaian proyek yaitu selama 23 hari yang mengakibatkan perusahaan terkena penalti denda sebesar 0,1% perhari dari total nilai proyek yaitu senilai Rp. 335.450.400.

#### 4.3.4 Durasi Optimal Proyek

Durasi proyek optimal adalah durasi terpendek dimana proyek dapat diselesaikan dengan total biaya terendah.



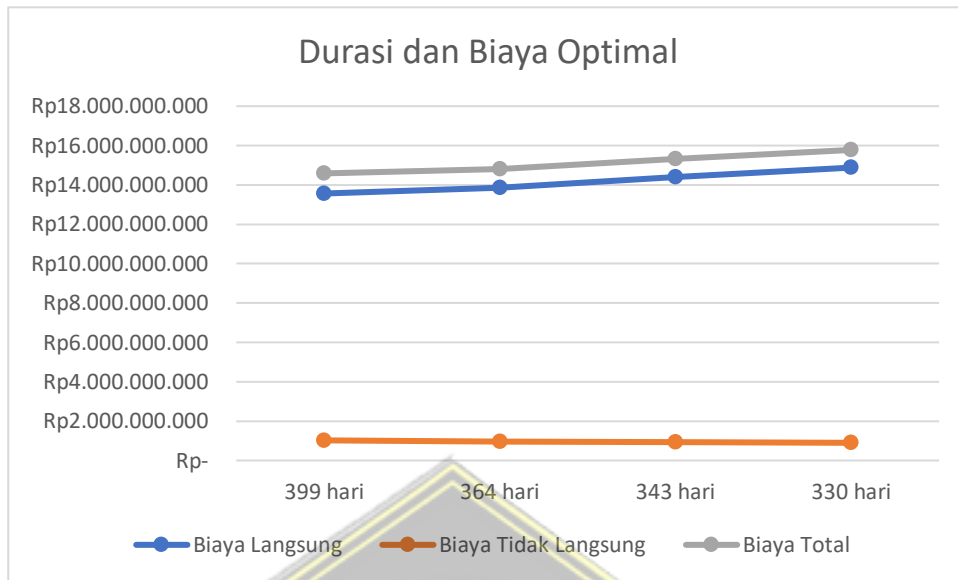
Sumber : (Khorsani, 2018)

**Gambar 4. 3** Hubungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung

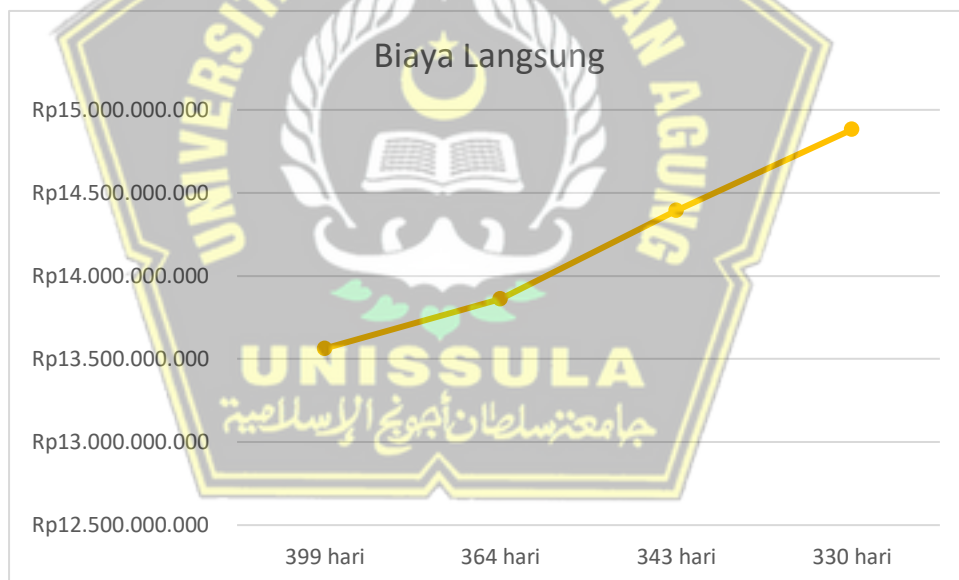
Dari grafik di atas terlihat bahwa biaya langsung proyek lebih tinggi ketika lead time proyek mengalami percepatan durasi yang sangat besar, dan sebaliknya biaya tidak langsung proyek lebih rendah ketika lead time proyek lebih singkat.

Dibawah akan disajikan grafik perbandingan biaya tambahan yang diakibatkan oleh percepatan dengan total denda jika terjadi keterlambatan pada penyelesaian proyek, dan juga grafik perbandingan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total pada proyek pembangunan LPG Refrigerated.

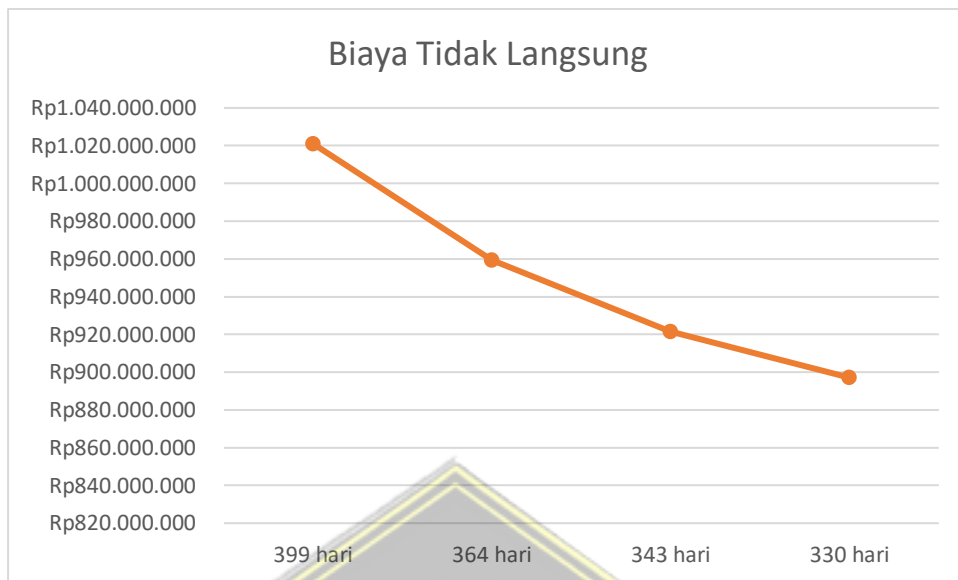




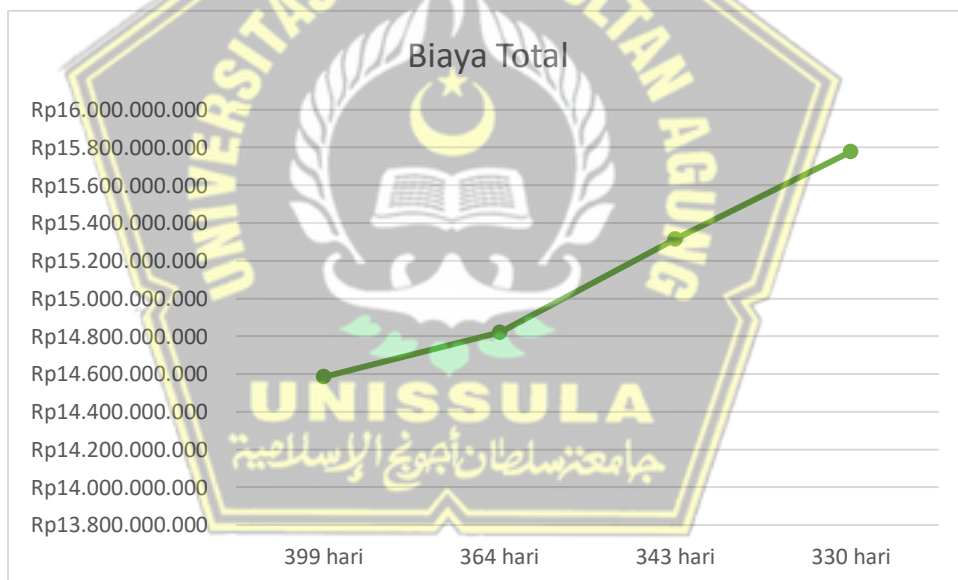
**Gambar 4. 4** Grafik Durasi dan Biaya Percepatan Optimal



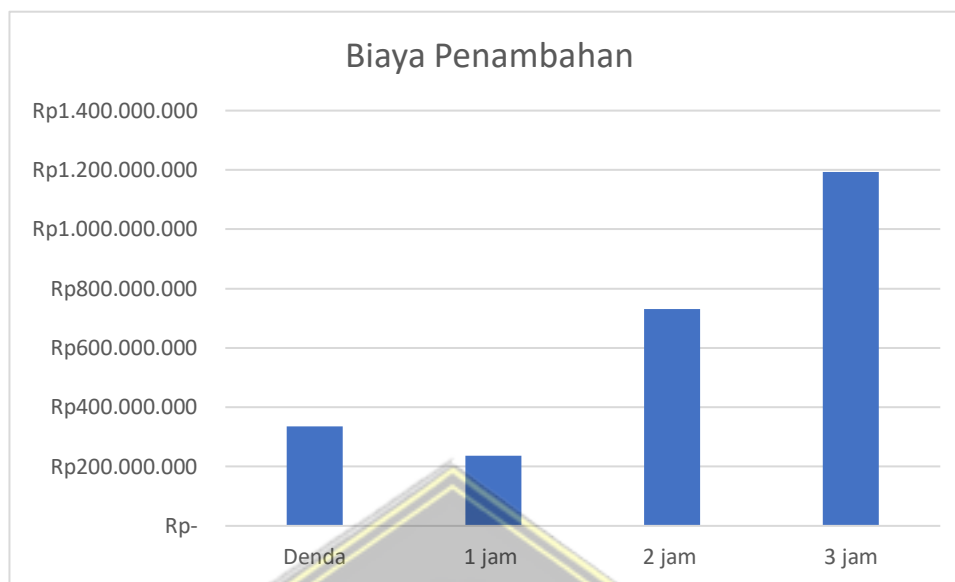
**Gambar 4. 5** Grafik Perbandingan Biaya Langsung



**Gambar 4. 6** Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung



**Gambar 4. 7** Grafik Perbandingan Biaya Total



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Denda dan Penambahan Biaya

Dari grafik diatas diketahui bahwa pada proyek pembangunan LPG Refrigerated durasi percepatan dengan penambahan biaya yang lebih kecil dari pada total denda adalah dengan penambahan 1 jam lembur yaitu 364 hari dari waktu normal 399 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp. 235.580.228 dengan selisih biaya sebesar Rp. 99.870.172. Sehingga dapat diperoleh hasil bahwa durasi optimal proyek pembangunan LPG Refrigerated adalah 364 hari dengan penambahan 1 jam lembur dan penambahan biaya sebesar 1,6% atau sebesar Rp. 235.580.228.

#### 4.4 Analisa dan Interpretasi

Selesai melakukan perhitungan menggunakan metode Critical Path Method (CPM) dan juga metode Time Cost Trade Off (TCTO), kemudian melakukan Analisa dan interpretasi yaitu sebagai berikut :

##### 4.4.1 Analisis Metode *Critical Path Method* (CPM)

Setelah melakukan Analisa menggunakan metode *critical path method* (CPM) pada penelitian ini, didapatkan pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis yaitu pekerjaan yang memiliki kode A-C-E-F-G-I-P-S-T-U-W-X-Y-Z-AB-AC-AE. Pada pekerjaan yang berada pada lintasan jalur kritis tersebut memiliki durasi kerja yang paling panjang yaitu selama 399 hari.

#### 4.4.2 Analisis Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO)

Pada analisis metode *time cost trade off* (TCTO) dilakukan beberapa perhitungan yang pertama yaitu perhitungan *crash duration* untuk memperkirakan waktu tercepat dapat diselesaikannya proyek, kemudian dilakukan perhitungan *crash cost* untuk mengetahui biaya percepatan yang dibutuhkan, yang selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan biaya langsung dan tidak langsung untuk mengetahui total penambahan biaya akibat dilakukan percepatan.

Pada perhitungan *crash duration* dan *crash cost* dapat diketahui dengan penambahan 1 jam lembur proyek dapat diselesaikan dalam waktu 364 hari dari waktu normal yaitu selama 399 hari dengan *crash cost* sebesar Rp297.210.938, dengan penambahan 2 jam lembur proyek dapat diselesaikan dalam waktu 343 hari dari waktu normal yaitu selama 399 hari dengan *crash cost* sebesar Rp. 830.351.250, dengan penambahan 2 jam lembur proyek dapat diselesaikan dalam waktu 343 hari dari waktu normal yaitu selama 399 hari dengan *crash cost* sebesar Rp. 1.317.332.813.

Kemudian untuk mengetahui total penambahan biaya akibat percepatan, dilakukan perhitungan biaya langsung dan tidak langsung, dan didapatkan dengan penambahan 1 jam lembur proyek dapat dipercepat 35 hari dengan total penambahan biaya sebesar Rp. 235.580.228, dengan penambahan 2 jam lembur proyek dapat dipercepat 56 hari namun, total penambahan biaya yang dibutuhkan cukup besar yaitu sebesar Rp. 730.822.813, sedangkan dengan penambahan 3 jam lembur proyek dapat dipercepat 69 hari tetapi dengan penambahan biaya yang sangat besar yaitu sebesar Rp. 1.193.508.214.

Berdasarkan analisis menggunakan metode *time cost trade off* (TCTO) dapat disimpulkan bahwa durasi dan biaya optimal proyek yaitu selama 364 hari dengan penambahan 1 jam lembur yang dapat mempercepat proyek hingga 35 hari dengan total penambahan biaya sebesar Rp. 235.580.228 karena total penambahan biaya yang lebih kecil dari pada denda keterlambatan selama 23 hari yaitu sebesar Rp. 335.450.400.

#### 4.5 Pembuktian hipotesa

Hipotesa yang telah disampaikan pada awal penulisan, yang dimana penulis menduga permasalahan yang dialami proyek pembangunan LPG Refrigerated mengenai durasi dan biaya yang belum optimal dapat teratasi dengan menggunakan metode *critical path method* (CPM) dan metode *time cost trade off* (TCTO). Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *critical path method* (CPM) dan metode *time cost trade off* (TCTO) ternyata mampu menyelesaikan permasalahan mengenai durasi dan biaya yang belum optimal, yang dimana proyek bisa diselesaikan dengan lebih cepat dengan total penambahan biaya yang tidak lebih besar dari denda.





## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisis tentang percepatan waktu proyek dengan menggunakan metode *Critical Path Method* dan *Time Cost Trade Off* pada proyek pembangunan LPG Refrigerated didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode *Critical Path Method* pada proyek pembangunan LPG Refrigerated dapat diketahui lintasan jalur kritis berada pada pekerjaan A-C-E-F-G-I-P-S-T-U-W-X-Y-Z-AB-AC-AE.
2. Berdasarkan studi lapangan dan literatur, dipilih skenario penyelesaian proyek agar tidak mengalami keterlambatan dengan melakukan percepatan durasi proyek menggunakan metode *Time Cost Trade Off*, dan didapatkan proyek pembangunan LPG Refrigerated dapat diselesaikan paling cepat dalam waktu 330 hari dengan penambahan 3 jam lembur tetapi terdapat penambahan biaya sebesar Rp. 1.193.508.214, 2 jam lembur dapat selesai dalam waktu 343 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp. 730.822.813, sedangkan 1 jam lembur dapat selesai dalam waktu 364 hari dan hanya terdapat penambahan biaya sebesar Rp. 235.580.228.
3. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*, maka didapatkan durasi optimal proyek pembangunan LPG Refrigerated adalah dengan penambahan 1 jam lembur yaitu selama 364 hari dengan hanya penambahan biaya sebesar 1,6% atau Rp. 235.580.228.

#### **5.2 Saran**

Dari analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Meninjau kembali pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur kritis dan mengupayakan agar tidak terjadi keterlambatan pada pekerjaan jalur kritis.
2. Melakukan pengawasan terhadap metode kerja yang dilakukan oleh pekerja agar tidak banyak melakukan *wasting time*.

3. Untuk penelitian selanjutnya, penjadwalan dan penentuan lintasan jalur kritis bisa menggunakan *Software Microsoft Project*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arif Budianto, E. and Eddy Husin, A. (2021) 'Analisis Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Gudang Amunisi', 19.
- Basuki, K. (2019) 'Proyek', *ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) Jurnal Online Internasional & Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*, 53(9), pp. 1689–1699.
- D, T.B., Irwan, H. and Purabasari, A. (2016) 'ANALISA PERCEPATAN PROYEK DENGAN CRITICAL PATH METHOD PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUANG AKOMODASI 50PACK AWB (Studi Kasus PT . Trikarya Alam)', *Profisiensi*, 4(1), pp. 58–67.
- Ervianto (2004) *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta.
- Fardila, D. and Adwayah, N.R. (2021) 'Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja', 17.
- Fatimah, S.N. (2019) *ANTISIPASI KETERLAMBATAN WAKTU PENYELESAIAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE WHAT IF ANALYSIS DAN CRASH PROGRAM*. UNISSULA.
- Firmansyah, A. and Aryanny, E. (2020) 'Penjadwalan Proyek Pembuatan Lambung Kapal Cepat Rudal Dengan Critical Path Method Di Divisi Kapal Perang Pt. Xyz', *Juminten*, 1(1), pp. 1–11. doi:10.33005/juminten.v1i1.1.
- Gray dan Larson, E. (2006) *Project Management*. 1st edn.
- Heizer dan Render, B. (2014) *Operation Management Sustainability and Supply Chain Management*. 11th edn. Pearson.
- Izzah, N. (2017) 'Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X', 10, pp. 51–58.
- Khorsani, V. (2018) 'Studi Perencanaan Percepatan Durasi Proyek Dengan Metode Least Cost Analysis'.
- Lamgok Tardok, E. (2018) *ANALISIS PERCEPATAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE CPM DAN PERT PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA PELABUHAN TANJUNG PRIOK*.
- Maddepungeng, A., Suryani, I. and Hermawan, D. (2015) 'ANALISIS OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU DENGAN METODE TCTO (TIME COST TRADE OFF) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten)', 4.
- Priyo, M. (2015) 'Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia', 18, pp. 30–34.
- Priyo, M. (2017) 'Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost

Trade Off pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta', 20, pp. 172–186.

Setiawan, B.B. (2012) 'ANALISIS PERTUKARAN WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF (TCTO) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG DI JAKARTA', 4.

Soeharto, I. (1999) *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. ke-2. Jakarta: Erlangga.

widyo Kisworo, R., Sri Handayani, F. and Sunarmasto (2017) 'ANALISIS PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA LEMBUR DAN JUMLAH ALAT'.

