



TUGAS AKHIR - MO 141326

TUGAS AKHIR

ANALISA PERCEPATAN DURASI PROYEK
PEMBANGUNAN *STORAGE* TANK DI PELABUHAN
TANJUNG PERAK SURABAYA

Nadya Rahmi Maharani
NRP. 04311440000008

Dosen Pembimbing
Silvanita, S.T., M.Sc., Ph.D.
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - MO 141326

FINAL PROJECT

**ANALYSIS OF ACCELERATION DURATION PROJECT
DEVELOPMENT OF STORAGE TANK IN PORT TANJUNG
PERAK SURABAYA**

**Nadya Rahmi Maharani
NRP. 0431144000008**

**Supervisor
Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.**

**Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PERCEPATAN DURASI PROYEK PEMBANGUNAN
STORAGE TANK DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi
Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

NADYA RAHMI MAHARANI ✓

NRP. 04311440000008

Disetujui oleh:

1. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

(Pembimbing 1)

.....
2. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

(Pembimbing 2)

.....
3. Prof. Ir. Soegiono

(Penguji 1)

.....
4. Agro Wisudawan, S.T., M.T.

(Penguji 2)

Surabaya, 23 Juli 2018

ANALISA PERCEPATAN DURASI PROYEK PEMBANGUNAN STORAGE
TANK DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

Nama Mahasiswa : Nadya Rahmi Maharani
NRP : 04311440000008
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS
Dosen Pembimbing : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat, proyek pembangunan *storage tank* dengan fungsi untuk menyimpan *Crude Palm Oil* (CPO) yang dikirim dari/ke pelabuhan Tanjung Perak harus selesai sesuai rencana awal yang sudah ditetapkan. Namun dalam praktik pelaksanaannya mengalami keterlambatan sehingga harus dilakukan percepatan durasi proyek. Percepatan durasi proyek suatu proyek konstruksi dilakukan dengan mempercepat kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis proyek tersebut. Untuk mengetahui lintasan kritis dari suatu proyek digunakan teknik Critical Path Method (CPM), yaitu dengan menggambar diagram jaringan (*network diagram*) dari proyek tersebut. Selanjutnya menghitung Earliest Start (ES), Earliest Finish (EF), Latest Start (LS), dan Latest finish (LF), lalu float tiap kegiatan sehingga dapat diketahui kegiatan mana saja yang berada dalam lintasan kritis. Dalam proyek pembangunan storage tank di pelabuhan tanjung perak surabaya milik PT. XY percepatan dilakukan dalam tiga skenario yaitu penambahan jam kerja dua jam, penambahan jam kerja tiga jam, dan penambahan jam kerja empat jam. Analisa percepatan durasi proyek dikerjakan dengan metode *time cost trade off* (TCTO). Metode ini bertujuan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek yang sedang berjalan dengan penambahan biaya yang optimum terhadap kegiatan yang dipercepat waktu pengerjaannya melalui penerapan alternatif percepatan. Dari hasil analisa dengan metode TCTO didapatkan hasil bahwa dengan penambahan dua jam kerja proyek dapat dipercepat hingga 31 hari dari 405 hari menjadi 374 hari dengan penambahan total biaya semula Rp14,663,886,229.30 berubah menjadi Rp16,499,080,098.94.

Kata Kunci: Percepatan Proyek, Storage Tank, Critical Path Method, Time Cost Trade Off

ANALYSIS OF ACCELERATION DURATION PROJECT DEVELOPMENT OF STORAGE TANK IN PORT TANJUNG PERAK SURABAYA

Student Name : Nadya Rahmi Maharani
NRP : 04311440000008
Department : Teknik Kelautan FTK – ITS
Supervisors : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

ABSTRACT

To meet the growing demand, the storage tank construction project with the function of storing Crude Palm Oil (CPO) delivered from / to Tanjung Perak port must be completed according to the pre-defined initial plan. However, in practice the implementation is delayed so that acceleration of project duration must be done. Acceleration of project duration of a construction project is done by accelerating activities that are on the critical path of the project. To know the critical path of a project used Critical Path Method (CPM) technique, that is by drawing a network diagram of the project. Next calculate Earliest Start (ES), Earliest Finish (EF), Latest Start (LS), and Latest finish (LF), then float each activity so it can know which activities are in critical path. In the construction project of storage tanks at the port of Tanjung Perak surabaya owned by PT. XY acceleration is done in three scenarios which is addition of two hours working hours, addition of three hours working hours, and addition of four hours work hours. The acceleration analysis of project duration is done by time cost trade off method (TCTO). This method aims to accelerate the ongoing project completion time by adding the optimum cost to the activities accelerated through the implementation of alternative acceleration. From the result of analysis with TCTO method, it is found that with the addition of two hours of project work can be accelerated up to 31 days from 405 days to 374 days with the addition of the original total cost of Rp14,663,886,229.30 changed to Rp16,499,080,098.94.

Keywords: Project Acceleration, Storage Tank, Critical Path Method, Time Cost Trade Off

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik dan lancar. Tidak lupa salawat serta salam penulis panjatkan kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir dengan judul “ANALISA NETWORK PLANNING MENGGUNAKAN METODE CPM PADA PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN STORAGE TANK DI NILAM TENGAH, PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA” ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan. Kritik dan saran sangatlah diharapkan untuk penulis. Harapan penulis, semoga Tugas Akhir ini dapat berguna baik bagi penulis sendiri maupun pihak-pihak lain.

Surabaya, 4 Juli 2018

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya kepada penulis.
2. Ibu, Bapak dan Adik yang selalu memberikan doa dan dukungan baik secara moril maupun materi.
3. Ibu Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D dan Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D selaku dosen pembimbing 1 dan 2, yang telah bersedia membimbing penulis hingga akhir dan memberikan pengetahuan yang tak terhingga serta memberikan dukungan moril.
4. Bapak Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T, Bapak Yoyok Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan dan Sekertaris Departemen Teknik Kelautan.
5. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D selaku Koordinator Tugas Akhir/Sekprodi S-1 Departemen Teknik Kelautan.
6. Sahabat Saya Edwina, Made Ayu, dan Alvis yang menjadi tempat berbagi cerita dan selalu memberikan support.
7. Teman-teman angkatan 2014 “MAELSTROM” yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II.....	9
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Tinjauan Pustaka	9
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Fasilitas Pelabuhan.....	10
2.2.2 Storage Tank	13
2.2.3 Proyek	13
2.2.4 Manajemen Proyek.....	16
2.2.5 Penjadwalan Proyek.....	17
2.2.6 Network Planning	19
2.2.7 Critical Path Method (CPM)	21
2.2.8 Earliest Event Time (EET), Latest Event Time (LET), Lintasan Kritis, dan Float	22

2.2.9	Mempercepat Durasi Proyek	25
2.2.10	<i>Time Cost Trade-Offs</i>	27
2.2.11	Analisa Biaya Pelaksanaan	29
BAB III		31
METODOLOGI PENULISAN		31
3.1	Diagram Alir (Flow Chart)	31
3.2	Penjelasan Diagram Alir	32
BAB IV		35
ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Gambaran Umum Proyek Pembangunan <i>Storage Tank</i> di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya	35
4.2	Pengumpulan Data Proyek Pembangunan <i>Storage tank</i> di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya	41
4.2.1	Master Schedule	41
4.2.2	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	42
4.3	Penentuan Jalur Kritis	43
4.3.1	Perhitungan Maju (<i>Forward Pass</i>), Perhitungan Mundur (<i>Backward Pass</i>), Dan <i>Float</i>	46
4.3.2	Menentukan Jalur Kritis	47
4.4	Crash Duration	48
4.4.1	Hasil Penambahan Dua Jam Lembur	50
4.4.2	Hasil Penambahan Tiga Jam Lembur	50
4.4.3	Hasil Penambahan Empat Jam Lembur	50
4.5	Biaya Proyek	51
4.6	Cost Slope	52
4.7	Analisa Time Cost Trade Off	54
4.7.1	Total Biaya Pada Dua Jam Lembur	54
4.7.2	Total Biaya Pada Tiga Jam Lembur	55
4.7.3	Total Biaya Pada Tiga Jam Lembur	56
4.8	Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Proyek	57
4.8.1	Perbandingan Durasi Dan Biaya Proyek	57

BAB V.....	61
KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek Pembangunan Storage Tank.....	2
Gambar 1.2 3D Model Area Storage Tank.....	4
Gambar 2.1 Hubungan Terminalisasi Dengan Rantai Pasokan.....	10
Gambar 2.2 Proses Pembangunan Storage Tank.....	11
Gambar 2.3 Presentasi Dan Total Dari Critical Success Factors (CSFS)	15
Gambar 2.4 Iron Triangle.....	16
Gambar 2.5 Activity on Arrow.....	20
Gambar 2.6 Earliest Event Time.....	21
Gambar 2.7 Latest Event Time.....	22
Gambar 2.8 lintasan kritis.....	22
Gambar 2.9 Kegiatan EET dan LET.....	23
Gambar 2.10 Hubungan Antara Biaya Dan Durasi Proyek.....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	30
Gambar 4.1 3D Model Area Storage Tank.....	32
Gambar 4.2 network diagram manual.....	42
Gambar 4.3 network diagram dengan menggunakan Ms. Project 2010.....	42
Gambar 4.4 grafik hubungan waktu dan biaya yang terkompresi 2 jam lembur...51	
Gambar 4.5 grafik hubungan waktu dan biaya yang terkompresi 3 jam lembur...52	
Gambar 4.6 grafik hubungan waktu dan biaya yang terkompresi 4 jam lembur...53	
Gambar 4.7.a grafik perbandingan direct cost, indirect cost, dan biaya total.....56	
Gambar 4.7.b grafik perbandingan durasi.....56	
Gambar 4.7.c grafik pengaruh durasi terhadap biaya.....56	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Bangunan yang akan dibangun dalam proyek.....	2
Tabel 2.1 Presentase Critical Success Factors (CSFS)	15
Tabel 4.1 uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan storage tank.....	33
Tabel 4.2 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan storage tank....	34
Tabel 4.3 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan storage tank...35	
Tabel 4.4 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan storage tank...36	
Tabel 4.5 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan storage tank...37	
Tabel 4.6 master schedule proyek pembangunan storage tank.....	38
Tabel 4.7 rencana anggaran biaya proyek.....	40
Tabel 4.8 daftar predecessor dan pekerjaan yang berada di jalur kritis.....	41
Tabel 4.9 perhitungan maju, perhitungan mundur, dan float.....	43
Tabel 4.10 perhitungan koefisien produktivitas.....	45
Tabel 4.11 perhitungan crash duration untuk dua jam lembur.....	46
Tabel 4.12 perhitungan crash duration untuk tiga jam lembur.....	46
Tabel 4.13 perhitungan crash duration untuk empat jam lembur.....	47
Tabel 4.14 biaya langsung tiap pekerjaan.....	47
Tabel 4.15 perhitungan kompresi dengan penambahan dua jam kerja.....	51
Tabel 4.16 perhitungan kompresi dengan penambahan tiga jam kerja.....	52
Tabel 4.17 perhitungan kompresi dengan penambahan empat jam kerja.....	53
Tabel 4.18 rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya.....	54

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Posisi geografis Indonesia yang strategis berada pada posisi silang antara Benua Asia dan Australia serta Samudera Pasifik dan Samudera Hindia menempatkan Indonesia pada jalur vital pelayaran Internasional. Saat ini, Indonesia memiliki 2.132 pelabuhan dan terminal yang dikelola oleh 287 administrator pelabuhan dengan dukungan 5 basis unit penjaga pantai. Sebanyak 141 pelabuhan terbuka untuk perdagangan internasional (Krishnawati, 2017). Dahulu pelabuhan adalah tepian tempat kapal dan perahu merapat dan bertambat agar dapat melakukan aktivitas bongkar muat barang, menaik-turunkan penumpang dan kegiatan lain. Sesuai dengan berkembangnya kehidupan sosial dan ekonomi penduduk di suatu daerah atau negara maka kebutuhan akan sandang, pangan, dan fasilitas penunjang hidup lainnya meningkat. Sejalan dengan itu, pelabuhan sebagai prasarana angkutan laut juga berkembang (Triatmodjo, 2009).

PT. XY adalah badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak di bidang jasa layanan operator terminal pelabuhan. Sebagai operator terminal pelabuhan, PT. XY mengelola lebih dari 40 pelabuhan yang tersebar di tujuh provinsi meliputi Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan. Peningkatan pendapatan yang terjadi di hampir seluruh wilayah operasi PT. XY meyakinkan bahwa arus bongkar muat barang dan orang di wilayah tersebut mengalami peningkatan. Hal ini menggerakkan PT. XY untuk meningkatkan fasilitas dan pelayanannya. Pada awal tahun 2016, PT. XY melakukan pengembangan fasilitas darat pelabuhan berupa proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Dipilihnya lokasi di Pelabuhan Tanjung Perak mengingat pelabuhan ini merupakan salah satu pelabuhan Internasional terbesar kedua di Indonesia.

Menurut Dipohusodo (1996) proyek dapat diartikan sebagai upaya yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Pada umumnya proyek memiliki batas

waktu, artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat sesuai waktu yang telah disepakati. Berkaitan dengan hal ini, tujuan yang penting baik bagi owner proyek maupun kontraktor adalah pelaksanaan proyek yang tepat pada waktunya (Kisworo, 2017). Proyek pembangunan *storage tank* oleh PT. XY berada di lingkungan Terminal Nilam Timur Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

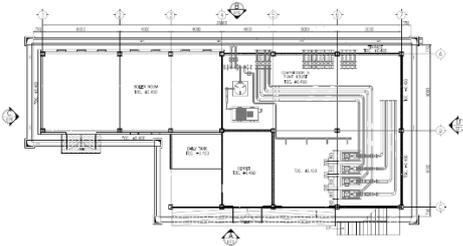


Gambar 1.1 Lokasi Proyek Pembangunan *Storage Tank*
(Sumber: Google Maps, 2018)

Dalam proyek pembangunan *storage tank* ini, akan didirikan bangunan pendukung lain yang akan dijelaskan dalam tabel 1.1 dan layout area *storage tank* pada gambar 1.2 berikut.

Tabel 1.1 Bangunan yang akan dibangun dalam proyek pembangunan *storage tank*

No.	Nama Bangunan	Bentuk Bangunan
1.	Tank Farm 5600 MT & 3600 MT	 <p>(Sumber: Buku Pintar Kelapa Sawit, 2011)</p>

No.	Nama Bangunan	Bentuk Bangunan
2.	<i>Boiler and Office House</i> (2 lantai)	 <p style="text-align: center;">Lantai 1</p>
3.	<i>Loading Truck Station</i>	 <p style="text-align: center;">(Sumber: google.com)</p>
4.	<i>Weight bridge</i>	 <p style="text-align: center;">(Sumber: Google.com)</p>
5.	<i>Ground Tank</i>	 <p style="text-align: center;">(Sumber: Google.com)</p>

No.	Nama Bangunan	Bentuk Bangunan
6.	<i>Bund Wall</i>	 <p data-bbox="903 712 1203 748">(Sumber: Google.com)</p>
7.	<i>Pipe Bridge & Pipe Rack</i>	 <p data-bbox="903 1301 1203 1337">(Sumber: Google.com)</p>



Gambar 1.2 3D Model Area *Storage Tank*

(Sumber: DED Pembangunan *Storage Tank* di Nilam Tengah Pelabuhan Tanjung Perak, 2015)

Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat, proyek pembangunan *storage tank* dengan fungsi untuk menyimpan *Crude Palm Oil* (CPO) yang dikirim dari/ke pelabuhan Tanjung Perak harus selesai sesuai rencana awal yang sudah ditetapkan. Tidak dapat dipungkiri bahwa dalam praktik pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan terdapat berbagai kemungkinan yang dapat menyebabkan keterlambatan, misalnya perubahan desain, pengaruh cuaca, keterlambatan suplai material, dan kesalahan perencanaan atau spesifikasi. Apabila hal ini terjadi maka pihak kontraktor sebagai pelaksana di lapangan harus dengan cekatan memberikan solusi atas keterlambatan tersebut, misalnya dengan melakukan percepatan (Kisworo, 2017). Akan tetapi, percepatan yang dilakukan tetap harus memperhatikan faktor biaya dan mutu sehingga pihak kontraktor tidak mengalami kerugian dan tetap menghasilkan kualitas bangunan yang baik.

Percepatan durasi proyek dapat dilakukan dengan memanfaatkan alternatif-alternatif yang ada seperti penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, penggunaan sistem kerja shift, penggunaan metode konstruksi yang lebih efektif, dan penggunaan material yang lebih cepat (Soeharto, 1995). Beberapa hal tersebut memang dapat memperpendek waktu pelaksanaan proyek, tetapi di sisi lain biaya pelaksanaan proyek akan mengalami peningkatan. Analisa percepatan proyek harus diperhitungkan dengan cermat agar durasi proyek sesuai dan biaya yang harus dikeluarkan tidak membengkak.

Dilakukannya analisis percepatan dari proyek pembangunan *storage tank* ini guna untuk mempercepat pengerjaan pembangunan sehingga *storage tank* dapat segera difungsikan sesuai dengan permintaan PT. Pelabuhan Indonesia sebagai owner dari proyek ini dan dapat sebagai pertimbangan dalam pembangunan fasilitas darat pelabuhan terutama *storage tank* di pelabuhan-pelabuhan lain di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk pada tabel 1.1 diatas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana lintasan kritis proyek pembangunan *Storage Tank* di Pelabuhan Tanjung perak Surabaya sebelum durasi proyek dipercepat?

2. Berapakah durasi proyek pembangunan *Storage Tank* di Pelabuhan Tanjung perak Surabaya jika dilakukan percepatan?
3. Berapakah biaya optimum yang dibutuhkan untuk melakukan percepatan proyek pembangunan *Storage Tank* di Pelabuhan Tanjung perak Surabaya?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui bentuk lintasan kritis proyek pembangunan *Storage Tank* di Pelabuhan Tanjung perak Surabaya sebelum durasi proyek dipercepat.
2. Untuk mengetahui durasi proyek pembangunan *Storage Tank* di Pelabuhan Tanjung perak Surabaya jika dilakukan percepatan.
3. Untuk mengetahui biaya optimum yang dibutuhkan untuk melakukan percepatan proyek pembangunan *Storage Tank* di Pelabuhan Tanjung perak Surabaya.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini, diharap akan memberikan informasi kepada praktisi khususnya kontraktor sehingga mempermudah untuk menganalisa kinerja proyek dari segi waktu dan biaya. Bagi peneliti, dapat menjadi wawasan dalam bidang manajemen operasi khususnya pengendalian suatu proyek dalam hal optimasi waktu dan biaya proyek. Keberadaan tugas akhir ini juga diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam pengembangan penelitian yang lebih lanjut.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang diberlakukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Objek penelitian ini adalah proyek pembangunan *storage tank* di Nilam Tengah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya
2. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini hanya didapat dari PT. XY sebagai owner proyek
3. Tarif/jam kerja sesuai dengan yang telah ditetapkan PT. XY
4. Waktu/durasi pekerjaan pada proyek dihitung dalam satuan minggu
5. Perhitungan analisa percepatan durasi menggunakan metode *Time Cost Trade-Off*

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Tugas Akhir meliputi :

Pada Bab 1 dijelaskan tentang latar belakang penelitian yang dilakukan, permasalahan yang akan dibahas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, manfaat yang ingin diperoleh, batasan masalah dari penelitian yang dilakukan, serta sistematika penulisan laporan.

Pada bab 2 dijelaskan tentang pedoman yang dipakai penulis yaitu pada beberapa sumber buku, jurnal, dan artikel tentang perkembangan fasilitas pelabuhan, manajemen proyek, metode CPM, dan metode *time cost trade-off*.

Pada bab 3 dijelaskan tentang alur pengerjaan penelitian dengan tujuan memecahkan masalah dalam bentuk *flow chart* yang disusun secara sistematis dan dilengkapi dengan penjelasan untuk setiap langkah pengerjaannya.

Pada bab 4 dibahas mengenai proses pengambilan data. Kemudian dilakukan pengolahan data yang sudah didapat melalui metode CPM dan metode *time cost trade-off* dan hasil analisa penelitian.

Pada bab 5 dijelaskan kesimpulan dimana menjawab dari permasalahan yang telah dirumuskan serta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pelabuhan merupakan prasarana yang mendukung kapal setelah melakukan pelayaran. Di pelabuhan kapal melakukan berbagai kegiatan seperti menaikkan-turunkan penumpang, bongkar muat barang, pengisian bahan bakar dan air tawar, melakukan reparasi, dan sebagainya. Untuk dapat melakukan berbagai kegiatan tersebut pelabuhan harus dilengkapi dengan berbagai fasilitas seperti dermaga, peralatan tambatan, peralatan bongkar muat, gudang-gudang, lapangan untuk menimbun barang, perkantoran, dan perlengkapan pengisian bahan bakar. Pembangunan *storage tank* sebagai fasilitas pelabuhan merupakan salah satu bentuk pemenuhan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. *Storage tank* digunakan untuk menyimpan produk minyak yang sebelumnya dibawa oleh kapal dan akan didistribusikan kepada konsumen.

Untuk melakukan sebuah proyek pembangunan dibutuhkan manajemen proyek agar target dan tujuan baik dari segi waktu, biaya, dan mutu dari proyek tersebut dapat tercapai. Salah satu sasaran utama manajemen proyek adalah mengembangkan dan menyelesaikan proyek tersebut sesuai dengan rencana anggaran biaya dan sesuai dengan *deadline* yang sudah ditetapkan serta dengan kualitas hasil proyek yang sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat. 3 kegiatan utama dalam manajemen proyek antara lain perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian. Pada kegiatan penjadwalan akan dibuat *gannt chart*, kurva S, dan *network planning* waktu dan durasi dari setiap aktivitas. Tidak dapat dipungkiri dalam praktiknya pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan terdapat berbagai kemungkinan yang bisa menyebabkan proyek mengalami keterlambatan. Jika terjadi keterlambatan maka pihak kontraktor harus segera mengevaluasi dan melakukan tindakan agar proyek tetap sesuai dengan rencana misalkan dengan melakukan percepatan.

2.2 Landasan Teori

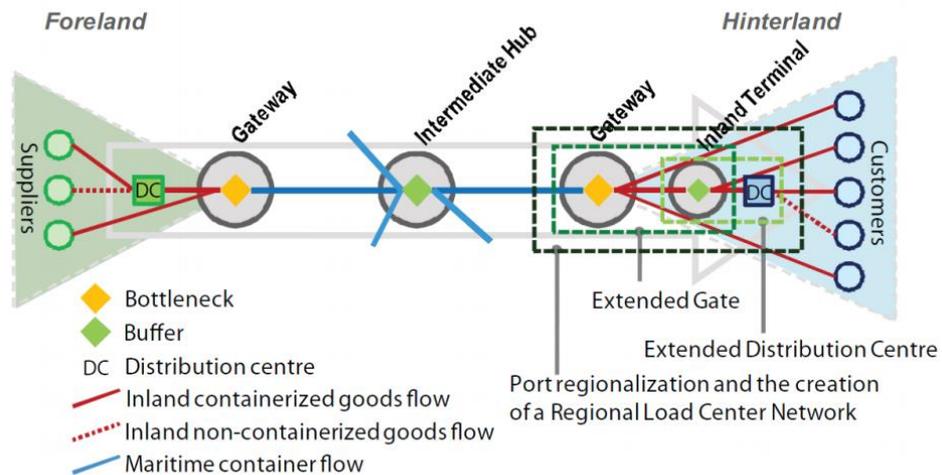
2.2.1 Fasilitas Pelabuhan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor: PM 51 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut pada pasal 1 disebutkan bahwa pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Fasilitas pokok pelabuhan di wilayah daratan antara lain:

- a. Dermaga
- b. Gudang lini 1
- c. Lapangan penumpukan lini 1
- d. Terminal penumpang
- e. Terminal peti kemas
- f. Terminal curah cair
- g. Terminal curah kering
- h. Terminal ro-ro
- i. Car terminal
- j. Terminal *multipurpose*
- k. Terminal daratan (*dryport*)
- l. Fasilitas penampungan dan pengelolaan limbah
- m. Fasilitas *bunker*
- n. Fasilitas pemadam kebakaran
- o. Fasilitas gudang untuk bahan/barang berbahaya dan beracun (B3)
- p. Fasilitas pemeliharaan dan perbaikan peralatan fasilitas pelabuhan dan sarana bantu navigasi pelayaran (SBNP)
- q. Fasilitas pokok lainnya sesuai perkembangan teknologi

Hal tersebut diatas tercantum pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor: PM 51 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut pada pasal 43.

Salah satu peran pelabuhan adalah terminalisasi. Pelabuhan menjadi bagian penting dari rantai pasokan barang. Dalam hubungan dengan integrasi dan pengembangan pelabuhan, telah ditingkatkan fokusnya dalam ragam aktivitas yang dapat menambah nilainya ketika barang melewati pelabuhan. Konsep terminalisasi telah dikembangkan oleh Rodrigue dan Notteboom (2009) dengan memberikan dua konsep, yaitu pertama *bottle-neck derived terminalisation* ketika pelabuhan menunda bagian dari rantai pasokan karena kurangnya sumber daya atau kurangnya perencanaan dan operasi. Kedua adalah *wirehouse-derived terminalisation* ketika pusat distribusi berada di pelabuhan untuk meningkatkan level pelayanan dan mengurangi waktu pengiriman ke pemasok lokal. Hal ini dilakukan untuk menghindari rantai pasokan yang lebih panjang.



Gambar 3.1 Hubungan Terminalisasi Dengan Rantai Pasokan

(Sumber: Rodrigue dan Notteboom, 2009)

Pada gambar diatas diilustrasikan terminalisasi yang dimaksud adalah antara mengirim barang langsung ke customer secepatnya atau menyediakan aktivitas dengan nilai tambah di dalam sistem pelabuhan atau menjadi jembatan penghubung dan pusat distribusi, hal tersebut adalah alasan mengapa disebut sebagai *bottle-neck* atau *wirehouse terminalisation*.

Storage tank menjadi fasilitas pendukung yang penting ada di terminal curah cair. Bila sebelumnya barang curah cair yang dibawa oleh kapal diangkut dengan tanki lalu kemudian disimpan dan diproses di *storage tank* yang jauh dari pelabuhan, dengan adanya *storage tank* di pelabuhan dapat mempersingkat rantai pasokan sehingga barang curah cair dapat langsung disimpan dan diproses di

storage tank yang sebelumnya telah disewa oleh perusahaan yang membutuhkan fasilitas untuk penyimpanan muatan curah cair tersebut.



Gambar 3.2 Proses Pembangunan Storage Tank

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2016)

Lingkup pekerjaan pembangunan storage tank di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya meliputi:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan storage tank 5600 m³ (4 buah)
3. Pekerjaan storage tank 3600 m³ (4 buah)
4. Pekerjaan loading truck station & weight bridge
5. Pekerjaan operaton room
6. Pekerjaan boier room, pump room, compressed, office, dan power house
7. Pekerjaan unloading truck station
8. Perkejaan security post
9. Pekerjaan pipe rack
10. Pekerjaan pipe bridge
11. Pekerjaan bund wall
12. Pekerjaan ground tank
13. Pekerjaan lainnya yang terkait dalam pembangunan storage tank

2.2.2 Storage Tank

Tangki pada dasarnya dipakai sebagai tempat penyimpanan material baik berupa benda padat, cair, maupun gas. Dalam mendesain tangki, konsultan perencana harus merencanakan tangki dengan baik terutama untuk menahan gaya gempa yang mungkin terjadi. Jika tangki tidak direncanakan dengan baik, maka kerusakan pada tangki dapat mengakibatkan kerugian jiwa maupun materi yang cukup besar.

2.1.1.1 Jenis-Jenis storage tank

Storage tank dapat memiliki bentuk dan tipe dengan kelebihan dan kekurangannya sendiri. Berdasarkan letaknya, storage tank dibagi dua yaitu aboveground tank dan underground tank. Berdasarkan bentuk atapnya juga dibagi menjadi 2 yaitu fixed roof tank dan floating roof tank.

2.2.3 Proyek

Proyek adalah sebuah tugas yang perlu dirumuskan agar dapat mencapai sasaran yang dinyatakan secara kongkrit dan harus diselesaikan dalam suatu periode tertentu dengan menggunakan tenaga manusia serta alat-alat yang telah ditentukan dan begitu kompleks sehingga dibutuhkan pengelolaan dan kerja sama khusus (Karaini, 1987).

Menurut Widiasanti dan Lenggogeni (2013) proyek adalah suatu kegiatan sementara yang memiliki tujuan dan sasaran yang jelas, berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu.

Dari pengertian diatas terlihat bahwa ciri pokok proyek adalah sebagai berikut:

1. memiliki tujuan dan sasaran berupa suatu produk akhir
2. proyek memiliki sifat sementara, yaitu telah jelas titik awal mulai dan selesai
3. biaya, waktu, dan mutu dalam pencapaian tujuan dan sasaran tersebut telah ditentukan
4. jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung menyebabkan proyek memiliki sifat nonrepetitif, atau tidak berulang.

Syarat-syarat dasar bagi proyek: (Karaini, 1987)

1. pemberian kekuasaan dari yang berwenang untuk membuat batasan proyek
2. melakukan pengajuan usulan dalam penggunaan waktu dan faktor produksi
3. mendapatkan persetujuan dari yang berwenang (yang menawarkan proyek)
4. memperoleh kesediaan untuk bekerjasama
5. adanya keterlibatan dari orang yang berwenang dalam pelaksanaan proyek
6. pemberian informasi terhadap pihak-pihak lain dan pihak-pihak yang terlibat secara langsung pada proyek
7. pimpinan proyek disertai dengan tugas yang terbatas dan wewenang yang sah
8. adanya pandangan antar departemen dan kemungkinan untuk menggunakan karyawan baru
9. adanya alat pengawasan dan ruangan
10. adanya rekan kerja proyek yang memberikan saham (sumbangan) pada perumusan dan perencanaan proyek

Dilihat dari komponen kegiatan utama maka macam proyek dikelompokkan menjadi:

1. Proyek *Engineering*-Konstruksi
Kegiatan yang menjadi komponen utama dari jenis proyek ini antara lain uji kelayakan, desain engineering, pengadaan, dan konstruksi.
2. Proyek *Engineering*-Manufaktur
Proyek manufaktur merupakan proses untuk menghasilkan produk baru. Kegiatan utamanya meliputi desain engineering, pengembangan produk, pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan.
3. Proyek Penelitian dan Pengembangan
Kegiatan proyek penelitian dan pengembangan bertujuan melakukan penelitian dan pengembangan untuk menghasilkan suatu produk baru.
4. Proyek Pelayanan Manajemen
Kegiatan yang dilakukan proyek macam ini merancang sistem informasi manajemen meliputi perangkat lunak maupun perangkat keras, merancang program efisiensi dan penghematan serta disverifikasi, penggabungan dan

pengambilalihan, proyek tersebut tidak membuahkan hasil dalam bentuk fisik tetapi laporan akhir.

5. Proyek Kapital

Kegiatan yang dilakukan proyek ini pada umumnya antara lain penyiapan lahan, pembebasan tanah, pembelian material dan peralatan, melakukan fabrikasi dan konstruksi untuk pembangunan fasilitas produksi.

Menurut Soeharto (1995) sasaran proyek yang juga merupakan tiga kendala (*triple constraint*) adalah:

1. Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal pengerjaan bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan dalam total proyek, tetapi dipecah atas komponen-komponennya atau perperiode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Sehingga penyelesaian tiap bagian proyek harus memenuhi sasaran anggaran tiap periode.

2. Jadwal

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

3. Mutu

Hasil dari tiap kegiatan yang dilakukan harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan atau sering disebut *fit for the intended use*.

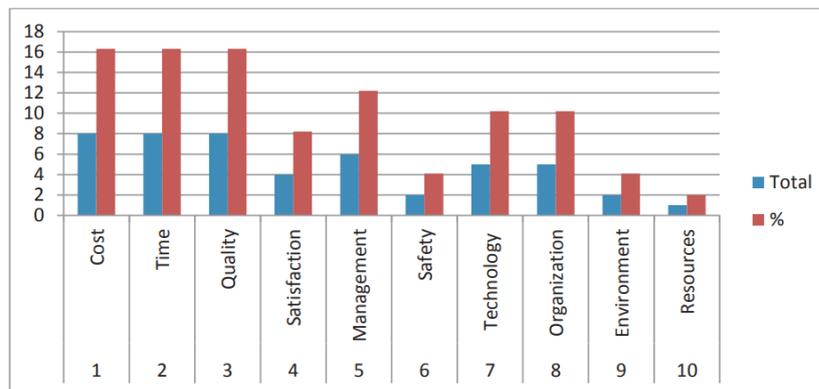
Terdapat banyak faktor yang dapat membuat sebuah proyek berhasil atau gagal. Tabel dibawah ini menunjukkan presentasi *critical success factors* yang ditemukan dari beberapa literatur. Hampir semua peneliti mengungkapkan bahwa biaya, waktu, kualitas, dan manajemen sebagai *critical success factor* dari tinjauan literaturnya. Singkatnya, dapat dikonklusikan bahwa proyek akan berhasil jika memenuhi biaya yang telah dianggarkan, tepat waktu, mengikuti jadwal dengan akurat, memenuhi kualitas yang dibutuhkan dan dimanajemen dengan baik.

Teknologi juga menjadi salah satu *critical success factors* yang berkontribusi kepada keberhasilan proyek konstruksi. (Ramlee, dkk., 2015)

No.	Critical Success Factor	Total	%
1.	Cost	8	16.3
2.	Time	8	16.3
3.	Quality	8	16.3
4.	Satisfaction	4	8.2
5.	Management	6	12.2
6.	Safety	2	4.1
7.	Technology	5	10.2
8.	Organization	5	10.2
9.	Environment	2	4.1
10.	Resources	1	2.0
Total		49	100

Tabel 2.1 Presentase *Critical Success Factors* (CSFS)

(Sumber: Ramlee, dkk., 2015)



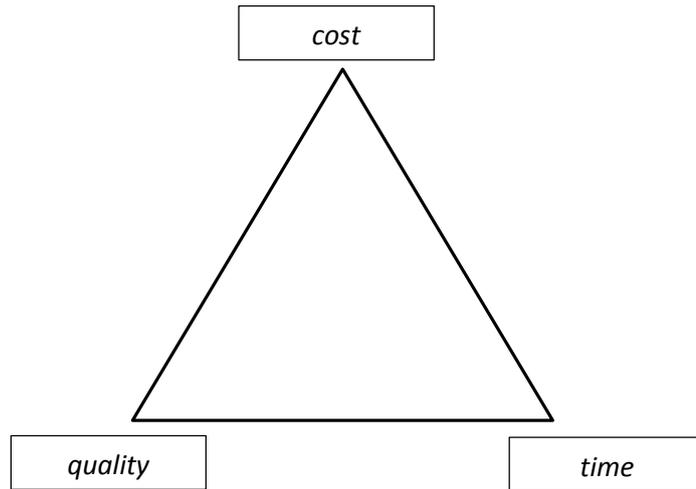
Gambar 2.3 Presentasi Dan Total Dari *Critical Success Factors* (CSFS)

(Sumber: Ramlee, dkk., 2015)

2.2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah usaha dalam untuk melakukan perencanaan, mengorganisasi, pengarahan, melakukan koordinasi dan pengawasan kegiatan dalam proyek sehingga hasilnya sesuai dengan jadwal waktu dan anggaran yang telah ditetapkan sebelumnya (Karaini, 1987).

Menurut Oisen dalam jurnal Atkinson (1999) manajemen proyek adalah aplikasi dari kumpulan alat dan teknik (seperti CPM dan organisasi matriks) untuk mengarahkan sumber daya yang beragam untuk menghasilkan suatu pekerjaan yang unik dan kompleks dengan kendala waktu, biaya, dan mutu. Setiap pekerjaan membutuhkan perpaduan alat dan teknik yang terstruktur agar sesuai dengan lingkungan pekerjaan dan siklus dari pekerjaan tersebut.



Gambar 2.4 *Iron Triangle*

(Sumber: Atkinson, 1999)

Dijelaskan pada gambar diatas adalah unsur dari kriteria *Iron Triangle*. Kriteria untuk mengukur kesuksesan suatu proyek tersebut telah di deskripsikan oleh Oisen dan digunakan untuk manajemen proyek hingga saat ini.

Proses manajemen proyek dapat dikelompokkan dalam dua tahap, yaitu tahap perencanaan dan tahap pelaksanaan. Secara umum kegiatan yang penting dalam tahap perencanaan adalah identifikasi gagasan atau ide dan merumuskan dalam bentuk yang lebih jelas dan nyata dalam suatu acuan, mengadakan studi kelayakan terhadap gagasan tersebut, serta mengevaluasi gagasan tersebut dari berbagai aspek dari aspek pasar, teknis, ekonomi, keuangan, sosial politik, dan lingkungan. Tahap pelaksanaan dimulai ditandai dengan kegiatan proyek berupa rekayasa design, pengadaan material, dan kegiatan konstruksi (Herjanto, 2008).

2.2.5 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan (*scheduling*) adalah kegiatan menentukan waktu dari suatu kegiatan operasi yang didalamnya terdapat kegiatan pengalokasian fasilitas, pengadaan peralatan serta tenaga kerja, dan membuat urutan aktivitas yang dilakukan lebih dahulu dalam suatu kegiatan operasi (Herjanto, 2008).

Menurut Yamit (1996) dalam buku Manajemen Produksi dan Operasi, Penjadwalan (*scheduling*) adalah bentuk gambaran waktu yang digunakan dalam melaksanakan tugas dengan memperhatikan beberapa faktor seperti syarat-syarat tugas, perkiraan permintaan dan kapasitas yang tersedia.

Manfaat pembuatan *schedule* pada sebuah proyek antara lain: (Hervindra, 2017)

1. Menjadi pedoman waktu untuk pengadaan SDM yang dibutuhkan
2. Menjadi pedoman waktu dalam mendatangkan material yang sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan
3. Menjadi pedoman waktu pengadaan alat berat
4. Sebagai alat untuk mengendalikan waktu pelaksanaan proyek secara keseluruhan
5. Acuan dalam pencapaian target waktu ketika melaksanakan tiap pekerjaan
6. Acuan dalam memulai dan mengakhiri sebuah kontrak kerja proyek
7. Menjadi pedoman dalam pencapaian progress tiap pekerjaan
8. Pedoman dalam menentukan batas waktu denda karena keterlambatan proyek atau bonus karena percepatan proyek
9. Menjadi pedoman dalam mengukur nilai suatu investasi

Pada tahun 1950 ditandai sebagai awal dari era manajemen proyek modern. Dua permodelan matematis untuk penjadwalan proyek dikembangkan, antara lain: (Luong, 2014)

1. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), dikembangkan oleh Mooz-Allen dan Hamilton sebagai bagian dari *United States Navy's Polaris missile submarine program*. PERT adalah metode untuk menganalisa pekerjaan untuk menyelesaikan proyek yang diberikan, secara khusus kebutuhan waktu yang diperlukan untuk memenuhi setiap pekerjaan dan mengidentifikasi waktu minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek secara keseluruhan.
2. Metode kedua yang mulanya dikembangkan oleh DuPont Corporation dan Remington Rand Corporation untuk mengelola proyek pemeliharaan pabrik dikenal dengan *Critical Path Method* (CPM). Metode CPM menentukan float atau fleksibilitas jadwal untuk setiap aktivitas dengan menghitung waktu mulai paling awal, waktu selesai paling awal, waktu mulai paling akhir, dan waktu selesai paling akhir untuk setiap aktivitas. Jalur kritis secara umum adalah jalur terpanjang yang ada dalam proyek. Setiap aktivitas dengan waktu *float* sama dengan nol diartikan sebagai aktivitas

jalur kritis. CPM dapat membantu menentukan berapa lama proyek yang kompleks akan selesai dan aktivitas mana yang termasuk aktivitas kritis, yang artinya aktivitas tersebut harus selesai tepat waktu atau keseluruhan proyek akan menjadi lebih lama.

Menurut Herjanto (2008) dalam penjadwalan proyek terdapat berbagai teknik yang bisa digunakan, antara lain:

1. *Gannt Chart*
2. CPM
3. PERT
4. *Precedence diagram*
5. *Works breakdown structures* (WBS)
6. *Graphical evaluation and review technique* (GERT)

Menurut Lin, Lou, dan Zhan (2014) masalah utama dalam penjadwalan proyek adalah menentukan jadwal pengalokasian sumber daya untuk menyeimbangkan total biaya dan waktu. Secara umum masalah penjadwalan proyek antara lain, banyaknya aktivitas dalam proyek. Adanya hubungan yang ketat antara beberapa proyek karena permintaan teknis. Aktivitas tidak dapat dilakukan sebelum semua pekerjaan didepannya telah selesai. Struktur dari keseluruhan proyek dapat dideskripsikan dengan gambar network diagram. Perencanaan yang layak dapat didefinisikan jadwal dari tiap aktivitas telah ditentukan, juga setiap aktivitas memenuhi hubungan ketergantungan serta adanya pengendalian sumber daya.

2.2.6 Network Planning

Perencanaan jaringan kerja (*network planning*) adalah salah satu model dari banyak model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek, yang dapat memberikan informasi tentang kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja tersebut. Tujuan pembuatan *network planning* agar dapat dilakukan analisis terhadap waktu selesainya proyek, masalah yang akan timbul jika proyek mengalami keterlambatan, probabilitas selesainya proyek, hingga biaya yang diperlukan untuk mempercepat selesainya proyek (Herjanto, 2008).

Menurut Badri (1988) data yang diperlukan untuk menyusun jaringan kerja:

1. Urutan pekerjaan yang logis
2. Perkiraan waktu penyelesaian setiap pekerjaan
3. Biaya untuk mempercepat setiap pekerjaan
4. Sumber daya yang diperlukan.

Dalam jaringan kerja dikenal 2 simbol:

1. *Event on the node*, peristiwa digambarkan dalam lingkaran
2. *Activity on the node*, kegiatan digambarkan dalam lingkaran

Karena *event on the node* lebih mudah cara menggambarkannya, simbol ini lebih digunakan.

Arti simbol-simbol yang ada antara lain:

- a.  , *arrow* yang artinya aktivitas/kegiatan. Suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu dan sumber daya tertentu
- b.  , *node/event* yang artinya peristiwa atau kejadian. Permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan.
- c.  , *double arrow*, artinya kegiatan yang berada di lintasan kritis
- d.  , *dummy*, artinya kegiatan semu yang bukan kegiatan/aktivitas namun dianggap sebagai kegiatan/aktivitas. *Dummy* tidak memerlukan durasi dan sumber daya tertentu.

Dalam pembuatan jaringan kerja terdapat dua perjanjian, antara lain:

(Badri, 1991)

- a. Perjanjian I : diantara dua nodes hanya boleh ada satu aktivitas (panah) yang menjadi penghubung. Sebagai akibat dari perjanjian ini diperlukan notasi dummy untk mempermudah penyusunan jaringan kerja.
- b. Perjanjian II : aktivitas semu (dummy) hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan aktivitas yang ada dalam suatu jaringan kerja.

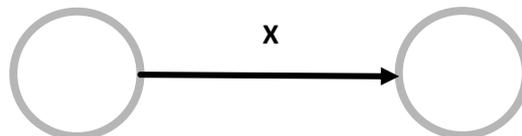
Diagram jaringan kerja digunakan sebagai alat dengan bentuk urutan waktu dari tiap aktivitas sehingga dapat menjadi alat komunikasi dalam tim proyek. Menunjukkan jalannya proyek, mendefinisikan waktu mulai dan selesainya tiap

aktivitas. Diagram jaringan kerja membuat tinjauan mudah untuk ditentukan logika eksekusi proyeknya. Untuk alasan ini, diagram jaringan adalah alat yang sangat berguna untuk memvisualisasi, khususnya terhadap permintaan klien yang butuh tampilan progres yang cepat, mudah dimengerti dan transparan (Cubric, Nikolic, dan Kukuljevic, 2015).

2.2.7 Critical Path Method (CPM)

CPM menggunakan durasi yang telah diestimasi dari aktivitas-aktivitas. Terdapat beberapa elemen yang digunakan dalam CPM, antara lain EET (*Earliest Event Time*), LET (*Latest Event Time*), *total float*, *free float*, dan *interfering float*. Dalam CPM, lintasan kritis digunakan sebagai menunjuk bahwa aktivitas yang berada pada lintasan kritis tidak boleh mengalami keterlambatan, bila mengalami keterlambatan akan berpengaruh pada keterlambatan seluruh proyek (Syahrizal, 2014).

Metode CPM beranggapan proyek terdiri dari kegiatan-kegiatan yang membentuk satu atau lebih lintasan. CPM berorientasi pada kegiatan sehingga digambarkan dengan pendekatan *Activity on Arrow* (AOA), yang menggunakan anak panah sebagai simbol dari kegiatan (Herjanto, 2015)



Gambar 2.5 *Activity on Arrow*

(Sumber: Herjanto, 2015)

X = membuat saluran

Menurut Daramola (2015) beberapa kelebihan dari metode CPM antara lain:

- a. Mengidentifikasi pekerjaan yang dapat dilakukan secara parallel
- b. Dapat menentukan prioritas pekerjaan
- c. menyediakan *platform* untuk alat pengawasan proyek seperti laporan harian/mingguan
- d. kemampuan untuk mengukur efek dari keterlambatan atau perubahan kegiatan dalam pekerjaan

2.2.8 Earliest Event Time (EET), Latest Event Time (LET), Lintasan Kritis, dan Float

2.1.1.2 Earliest Event Time (EET)

Dalam menghitung besarnya nilai EET digunakan *forward analysis*, yaitu perhitungan kedepan dimulai dari kegiatan yang pertama dilakukan dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya. (www.ilmutekniksipil.com)



Gambar 2.6 Earliest Event Time

(Sumber: www.ilmutekniksipil.com)

$$EET_j = EET_i + L \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

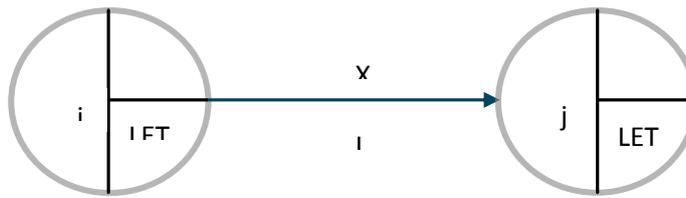
- X : kegiatan
- i : peristiwa awal kegiatan X
- j : peristiwa akhir kegiatan X
- EET_i : Earliest Event Time peristiwa i
- EET_j : Earliest Event Time peristiwa j

Prosedur dalam perhitungan EET, yaitu: (Hervindra, 2017)

1. Menentukan nomor dari peristiwa arahnya adalah kiri ke kanan dimulai dari peristiwa nomor 1 hingga nomor maksimal.
2. Menentukan nilai EET_i sebagai peristiwa nomor 1 dengan nilai nol.
3. Penghitungan EET_j dan seterusnya menggunakan rumus 2.1. apabila ada beberapa kegiatan menuju dan dibatasi oleh peristiwa yang sama, diambil nilai EET_j yang paling besar.

2.1.1.3 Latest Event Time (LET)

Dalam penghitungan nilai LET digunakan cara *backward analysis*, dimulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan-kegiatan yang dilakukan sebelumnya. (www.ilmutekniksipil.com)



Gambar 2.7 Latest Event Time

(Sumber: www.ilmutekniksipil.com)

$$LET_i = LET_j - L \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

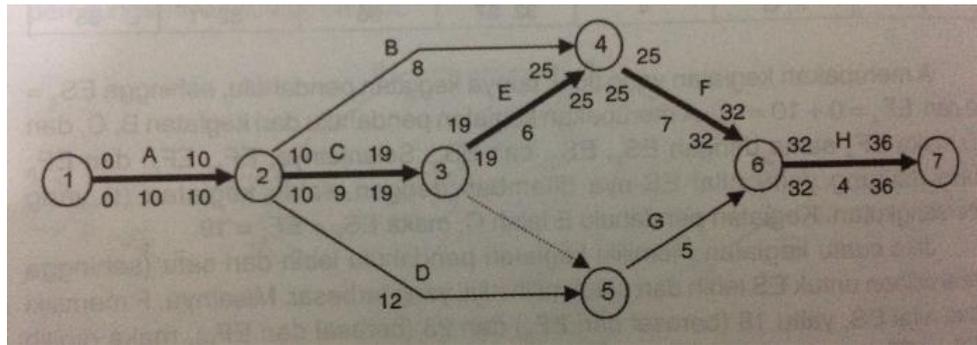
- X : kegiatan
- i : peristiwa awal kegiatan X
- j : peristiwa akhir kegiatan X
- LET_i : Latest Event Time peristiwa i
- LET_j : Latest Event Time peristiwa j

Prosedur dalam perhitungan EET, yaitu: (Hervindra, 2017)

1. Tentukan dari LET peristiwa dengan nomor maksimal kemudian mundur satu persatu sampai dengan peristiwa nomor 1.
2. Nilai LET peristiwa nomor maksimal sama dengan EET peristiwa nomor maksimal.
3. Kemudian dapat dihitung LET dari peristiwa maksimal, ..., 3, 2, 1. Dengan menggunakan rumus 2.2 sesuai dengan banyak kegiatan dan dummy yang terbentuk dari peristiwa yang bersangkutan.

2.1.1.4 Lintasan Kritis

Lintasan kritis adalah jalur yang memiliki lintasan terpanjang dimana lintasan kritis yang menentukan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan jaringan kerja. Jalur kritis penting dalam pelaksanaan proyek karena pada jalur terdapat peristiwa yang jika mengalami keterlambatan menyebabkan proyek secara keseluruhan terlambat. Lintasan ini memiliki total *float* dari setiap kegiatan = 0. (Santoso, 2009)



Gambar 2.8 lintasan kritis

(Sumber: Herjanto, 2015)

Dari gambar diatas dapat dilihat yang menjadi lintasan kritis adalah A-C-E-F-H. Lintasan kritis ditandai dengan garis panah yang lebih tebal daripada yang lain.

Menurut Soeharto (1995) syarat umum jalur kritis, antara lain:

1. Pada kegiatan pertama $ES = LS = 0$
2. Pada kegiatan terakhir atau terminal: $LF = EF$
3. *Total float*: $TF = 0$

2.1.1.5 Float

Setelah *forward analysis* dan *backward analysis* selesai dihitung, *total float* dari setiap aktivitas dapat dihitung sebagai selisih dari *early start* dan *early finish* atau selisih antara *late start* dan *late finish*. Rumus dari *total float* adalah: (Menesi, 2010)

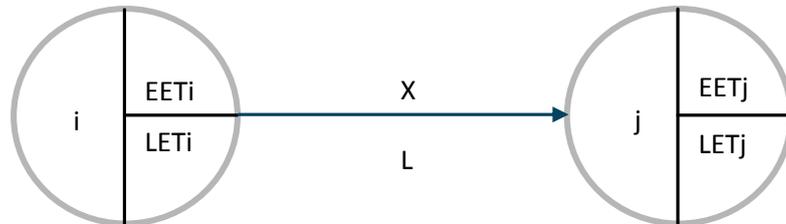
$$Total\ float = LS - ES = LF - EF \dots\dots\dots(2.3)$$

Float dibagi menjadi 3, yaitu: (Santosa, 2009)

- a. *Total Float*
Sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan kegiatan tanpa mempengaruhi proyek secara keseluruhan.
- b. *Free Float*
Sejumlah waktu yang boleh mengalami keterlambatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan berikutnya yang langsung mengikuti kegiatan tersebut.

c. *Independent Float*

Jangka waktu antara EET peristiwa akhir kegiatan yang bersangkutan dengan selesainya kegiatan yang bersangkutan bila kegiatan tersebut dimulai pada LET peristiwa awal.



Gambar 2.9 Kegiatan EET dan LET

(Sumber: Soeharto, 1995)

Rumus untuk *total float*, *free float*, dan *independent float* sesuai dengan gambar diatas:

$$total\ float = LETj - durasi - EETi \dots \dots \dots (2.4)$$

$$free\ float = EETj - durasi - EETi \dots \dots \dots (2.5)$$

$$independent\ float = EETj - durasi - LETi \dots \dots \dots (2.6)$$

2.2.9 Mempercepat Durasi Proyek

Menurut Shurrab (2015) Terlepas dari kenyataan bahwa durasi pekerjaan telah diestimasi secara hati hati. Beberapa perilaku dapat menyebabkan durasi proyek menjadi lebih lama dari seharusnya. Ada 4 perilaku penting yang harus diketahui antara lain:

a. memperpanjang “padding”

memperpanjang “padding” terjadi ketika pekerjaan secara konservatif diestimasi beberapa lapisan manajemen kemudian ditambah lagi lebih banyak lapisannya. Manajer merasa butuh melindungi performa mereka, di banyak organisasi estimasi pekerjaan tidak diperlakukan sebagai “estimasi” namun lebih ke “komitmen”. Karena tidak mau terlambat dalam berkomitmen, mereka melakukan “padding” pada lama estimasi pekerjaan tersebut.

b. *Student syndrome*

student syndrome adalah mekanisme perlawanan alami dalam suatu pekerjaan hingga waktu terakhir yang paling memungkinkan. *Student syndrome* menyebabkan durasi lebih lama karena sejumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan hilang ketika dimulai terlambat atau bahkan ketika tepat waktu.

c. multitasking yang buruk

multitasking yang buruk dapat terjadi ketika seseorang bekerja di lebih dari satu pekerjaan pada waktu yang sama. Multitasking dibedakan menjadi dua kategori, yaitu yang baik dan buruk. multitasking yang baik adalah ketika dua pekerjaan dilakukan bersamaan dengan cara yang benar. Sedangkan multitasking yang buruk terjadi ketika satu pekerjaan telah selesai tapi memulai pekerjaan berikutnya.

d. *Parkinson's law*

menurut hukum Parkinson “jumlah pekerjaan meningkat seiring dengan waktu yang tersedia untuk menyelesaikannya.”

Agar proyek dapat diselesaikan sebelum waktu yang telah direncanakan dapat dilakukan percepatan dengan cara menambah pekerja atau menggunakan alat berat yang lebih produktif. Namun, aktivitas ini akan membutuhkan biaya tambahan. Dari pertimbangan tersebut perencana menargetkan *trade-off* antara waktu dan biaya proyek untuk penjadwalan yang lebih baik. Proses *trade-off* antara waktu dan biaya diarahkan dengan menabrakkan (*crashing*) durasi dari kegiatan yang telah direncanakan. (Karmaker & Halder, 2017).

Crashing program adalah tindakan agar durasi keseluruhan proyek dikurangi sehingga terjadi percepatan setelah menganalisa alternatif-alternatif yang ada. Metode ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan waktu kerja optimal dengan biaya terendah. Sering kali dalam *crashing program* terjadi *trade-off*, yaitu pertukaran waktu dengan biaya. (Rachman, 2013)

Menurut Rachman (2013) Terdapat 3 (tiga) langkah yang diperlukan untuk mengkonstruksikan grafik waktu–biaya, yaitu:

1. Menghitung total biaya langsung untuk lama proyek yang akan dikerjakan

2. Menghitung total biaya tidak langsung untuk lama proyek yang akan dikerjakan
3. Biaya langsung dan tidak langsung dijumlahkan untuk lama proyek yang akan dikerjakan.

2.2.10 *Time Cost Trade-Offs*

Ada beberapa cara untuk mempersingkat waktu penyelesaian suatu proyek antara lain dengan menambah sumber daya, maupun waktu kerja (lembur). Percepatan waktu proyek dilakukan agar mendapatkan biaya total minimum. Disisi lain, proyek dipercepat bertujuan untuk mengejar suatu momen tertentu. Prosedur umum yang digunakan dalam analisis *time cost trade-offs*, yaitu:

1. Menetapkan lintasan
2. Mengurutkan kegiatan yang berada di lintasan kritis mulai dengan biaya percepatan waktu yang terkecil, kemudian hitung waktu yang tersedia untuk percepatan
3. Lakukan percepatan satu hari setiap kali, sampai panjang lintasan kritis sama dengan panjang suatu lintasan lainnya
4. Setelah melakukan percepatan pada lintasan kritis akan didapat dua/lebih lintasan yang menjadi lintasan kritis secara bersamaan, percepatan kemudian dilakukan dengan biaya percepatan yang terkecil hingga kegiatan tidak dapat dipercepat lagi atau biaya percepatan telah melebihi sejumlah anggaran yang telah disediakan.

Dengan melakukan percepatan durasi proyek maka akan terjadi perubahan terhadap biaya dan waktu, yang meliputi: (Kisworo, 2017)

- a. Waktu Normal (*normal duration*), waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan hingga selesai dengan tingkat produktivitas normal.
- b. Waktu Dipercepat (*crash duration*), waktu paling singkat dalam penyelesaian suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin dilakukan.
- c. Biaya Normal (*normal cost*), biaya langsung yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan dalam kurun waktu normal.

d. Biaya untuk Waktu Dipercepat (*crash cost*), jumlah biaya langsung yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam kurun waktu tersingkat.

Produktivitas dari kerja lembur diperhitungkan sebesar 75% dari produktivitas normal.

$$\text{produktivitas harian} = \frac{\text{volume}}{\text{normal duration}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{produktivitas per jam} = \frac{\text{produktivitas harian}}{7 \text{ jam}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{produktivitas harian setelah crash} = \text{produktivitas harian} + (3 \times \text{produktivitas perjam} \times 75\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari rumus 2.9 dapat dicari *crash duration*, yaitu waktu penyelesaian proyek setelah dipercepat.

$$\text{crash duration} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas harian setelah crash}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Setelah *crash duration* didapat selanjutnya dihitung *crash cost*. *Crash cost* merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan aktivitas kegiatan proyek dalam jangka waktu sebesar *crash duration* yang sebelumnya sudah dihitung. Rumus *crash cost* dengan penambahan jam kerja lembur adalah:

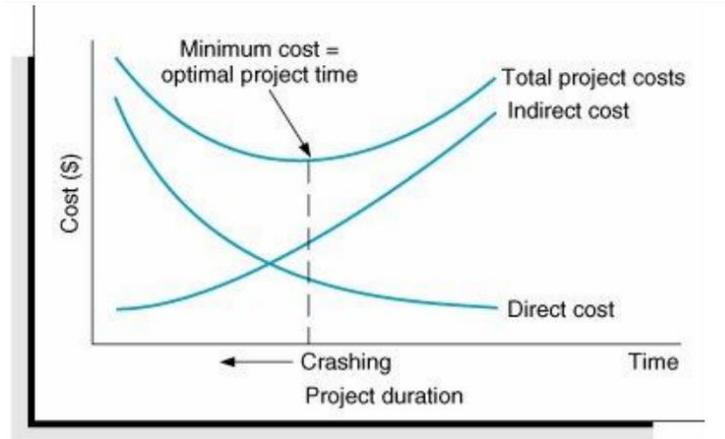
$$\text{biaya upah lembur total} = \frac{\text{jumlah pekerja} \times \text{total tambahan waktu lembur} \times \text{biaya lembur}}{\text{jumlah hari}} \dots\dots(2.11)$$

$$\text{crash cost} = \text{biaya langsung normal} + \text{biaya upah lembur total} \dots\dots(2.12)$$

Cost slope merupakan penambahan biaya langsung per satuan waktu. Tujuan dari percepatan ini Pada dasarnya dicari kegiatan kritis yang akan dipercepat yang memiliki *cost slope* yang terkecil. Rumus untuk menghitung *cost slope* terdapat pada persamaan 2.13

$$\text{cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Ketika *trade-off* dari semua aktivitas dipertimbangkan dalam proyek maka hubungan antara durasi proyek dan total biaya konstruksi ditunjukkan pada grafik 2.10. biaya langsung adalah total dari total biaya seluruh aktivitas konstruksi dan biaya tidak langsung adalah overhead proyek. Karenanya, total biaya konstruksi dan dihitung dengan menjumlah biaya langsung dan tidak langsung. Ketika durasi untuk proyek dikurangi, biaya total menjadi cukup tinggi dan selama durasi meningkat, biaya total ikut mengalami peningkatan tapi pada nilai dibawah nilai normalnya. (Trivedi dan Namdev, 2015)



Gambar 2.10 Hubungan Antara Biaya Dan Durasi Proyek
(Sumber: Trivedi dan Namdev, 2015)

2.2.11 Analisa Biaya Pelaksanaan

Menurut Unas (2012) terdapat 4 jenis estimasi biaya proyek:

1. Estimasi kasar untuk owner
2. Estimasi pendahuluan yang dibuat oleh konsultan perencana
3. Estimasi detail yang dibuat oleh kontraktor
4. Biaya sesungguhnya setelah proyek selesai.

Biaya proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi dua:

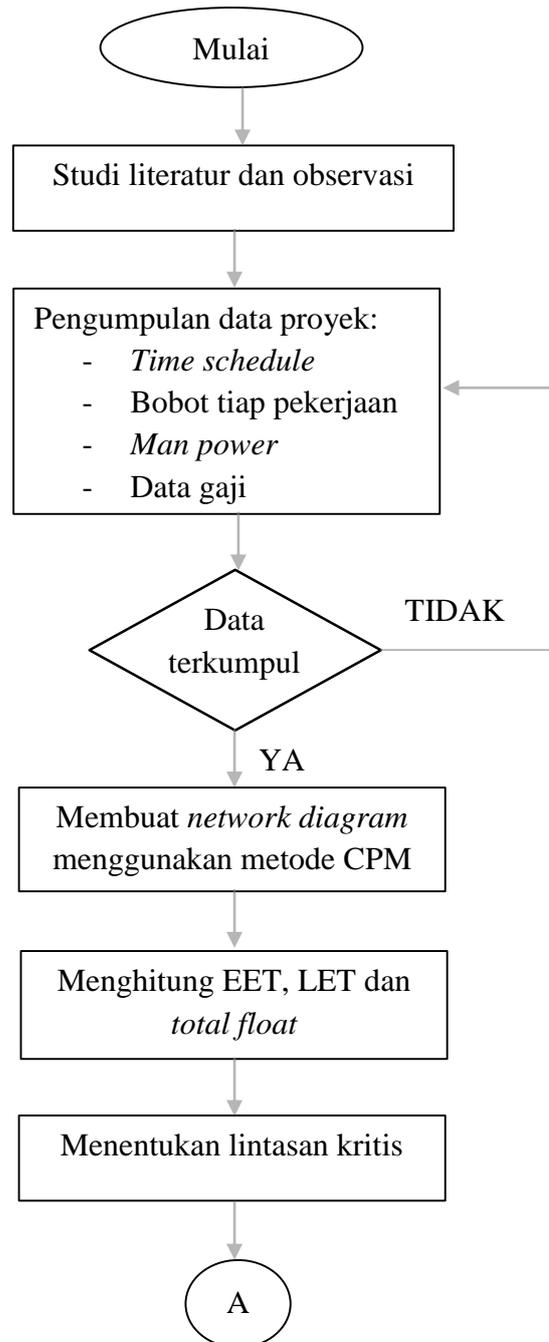
1. *Direct cost* atau biaya langsung
Berupa biaya material, *man power*, dan biaya peralatan
2. *Indirect Cost* atau biaya tidak langsung
Berupa biaya *overhead*, biaya tak terduga, dan keuntungan/profit.

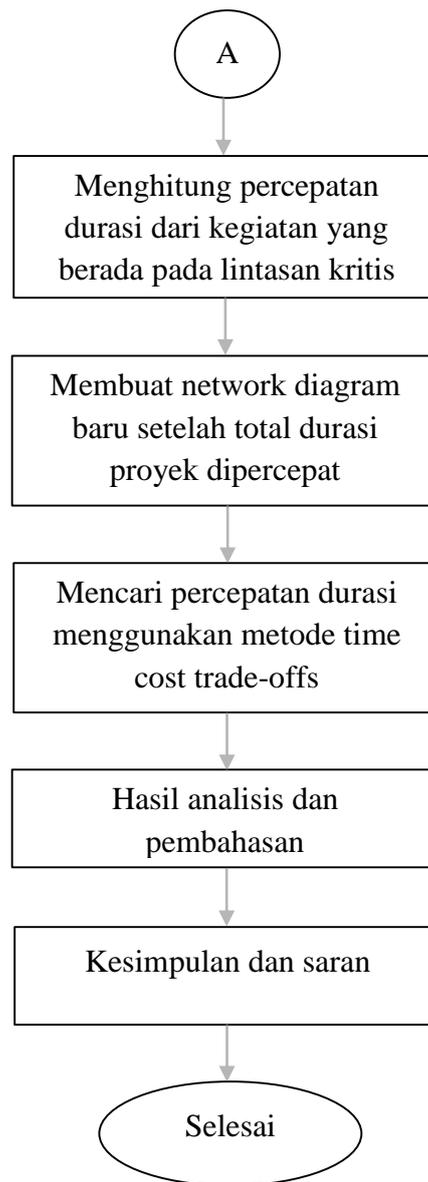
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENULISAN

3.1 Diagram Alir (Flow Chart)

Metodologi penelitian dapat digambarkan dalam diagram alir seperti pada diagram di bawa ini:





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Penjelasan Diagram Alir

1. Studi literatur dan observasi

Pada penelitian ini diperlukan studi literatur untuk mengetahui teori-teori yang digunakan baik untuk menentukan *network planning*, metode CPM, menentukan lintasan kritis, dan analisa percepatan dengan menggunakan metode *time cost trade-offs*.

2. Pengumpulan data proyek

Pada penelitian ini menggunakan satu macam data, yaitu data sekunder. Pengumpulan data sekunder didapat dari pihak *owner* PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) Cabang tanjung Perak berupa:

- a. *Schedule* pelaksanaan proyek pembangunan storage tank di nilam tengah pelabuhan tanjung perak surabaya
- b. Bobot tiap pekerjaan
- c. *Manpower*
- d. Data gaji

3. Analisa data

Prosedur dan langkah-langkah penelitian dalam tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

- a. Membuat *network diagram* sesuai dengan urutan logis setiap kegiatan dengan menggunakan metode CPM.
- b. Menghitung EET, LET, dan float dari setiap kegiatan untuk menemukan lintasan kritis
- c. Menghitung percepatan durasi dari kegiatan yang berada pada lintasan kritis dengan cara menambah jam lembur maksimal 3 jam kemudian dibuat kembali *network diagram*nya.
- d. Mencari percepatan durasi menggunakan metode *time cost trade-offs* dengan tahapan:
 1. Menghitung produktivitas kerja
 2. Menghitung *crash cost*, *crash duration* dan *cost slope*

3. Mencari titik temu antara percepatan waktu dan penambahan biaya yang paling optimal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Proyek Pembangunan *Storage Tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Keberhasilan manajemen proyek ditentukan oleh beberapa aspek antara lain oleh ketepatan dalam memilih bentuk organisasi, memilih pimpinan yang cakap dan pembentukan tim proyek yang terintegrasi dan terorganisasi. Selain itu, hal yang harus diperhatikan adalah kegiatan apa saja yang harus dikerjakan oleh tim proyek dan manajer proyek. Penentuan kegiatan merupakan fungsi perencanaan (*planning*) dan tindakan memastikan bahwa rencana dikerjakan dengan tepat merupakan fungsi pengendalian (*control*) (Santosa, 2009).

Proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya bertujuan untuk meningkatkan fasilitas darat pelabuhan berupa *storage tank* agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Dalam hal ini ditambahkan fasilitas tangki penyimpanan *Crude Palm Oil* (CPO) agar dapat mempersingkat waktu dalam pendistribusian CPO ke daerah-daerah. Proyek ini direncanakan akan dilaksanakan selama 55 minggu dimulai dari bulan Maret 2016 hingga Maret 2017. Namun pada kenyataannya proyek ini mengalami keterlambatan hingga 81 minggu sehingga perlukan analisa lebih lanjut untuk mempercepat durasi proyek dengan tetap memperhatikan aspek biaya.



Gambar 4.1 3D Model Area *Storage Tank*

Dibawah ini dijelaskan uraian dari setiap pekerjaan yang dilakukan dalam proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya mulai dari pekerjaan persiapan hingga pekerjaan elektrikal.

Tabel 4.1 uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan *storage tank*

No.	Nama pekerjaan	Uraian Pekerjaan
	Pekerjaan Sipil	
1.	<i>Preparation work</i>	Mobilisasi, <i>soil test</i> .
2.	<i>Storage tank</i> 5600 m ³ (4 buah)	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pemancangan <i>concrete spun pile</i> (CSP) ($\varnothing = 600\text{m}$), pekerjaan pengecoran lantai kerja dengan beton K 150, pekerjaan pengisian CSP dengan beton bertulang K 300.
3.	<i>Storage tank</i> 3600 m ³ (4 buah)	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pemancangan <i>concrete spun pile</i> ($\varnothing = 600\text{m}$), pekerjaan pengecoran lantai kerja dengan beton K 150, pekerjaan pengisian CSP dengan beton bertulang K 300.
4.	<i>Loading truck station</i> dan <i>weight bridge</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pemancangan <i>concrete spun pile</i> ($\varnothing = 400\text{m}$), pekerjaan pengecoran CPS dengan beton bertulang K 300, dan pekerjaan baja.
5.	<i>Operator room</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pengecoran dengan beton bertulang K 150 untuk lantai kerja dan dan beton K 300 untuk <i>pile cap</i> , <i>sloof</i> , kolom, balok, pelat lantai, dan drainase.

Tabel 4.2 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan *storage tank*

No.	Nama pekerjaan	Uraian pekerjaan
6.	<i>Boiler room, pump room, compressed, office, & power house</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pemancangan <i>concrete spun pile</i> ($\emptyset = 400\text{m}$), pekerjaan pengecoran dengan beton bertulang K 150 untuk lantai kerja dan K 300 untuk pengisi CSP, pekerjaan baja.
7.	<i>Unloading truck station</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pemancangan <i>concrete spun pile</i> ($\emptyset = 400\text{m}$), pekerjaan pengecoran CPS dengan beton bertulang K 300, dan pekerjaan baja.
8.	<i>Security post</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pengecoran dengan beton bertulang K 150 untuk lantai kerja dan dan beton K 300 untuk <i>pile cap, sloof</i> , kolom, balok, pelat lantai, dan drainase.
9.	<i>Pipe rack</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pengecoran dengan beton K 150 untuk lantai kerja dan betok K 300 untuk <i>pile cap, pedestal, grouting</i> , dan pekerjaan baja.
10.	<i>Pipe bridge</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pekerjaan pemancangan <i>concrete spun pile</i> ($\emptyset = 400\text{m}$), pekerjaan pengecoran dengan beton K 150 untuk lantai kerja dan beton K 300 untuk pengisi CSP dan pekerjaan baja.

Tabel 4.3 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan *storage tank*

No.	Nama pekerjaan	Uraian pekerjaan
11.	<i>Bund wall</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pengecoran beton K 150 untuk lantai kerja dan beton K 300 untuk <i>bund wall</i>
12.	<i>Ground tank</i>	Terdiri dari pekerjaan galian, pengecoran beton K 150 untuk lantai kerja dan beton K 300 untuk <i>ground tank</i>
13.	Lain-lain	Terdiri dari pekerjaan pemasangan <i>paving</i> dan pagar
	Pekerjaan arsitektur	
1.	<i>Loading truck station</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan atap dan tangga.
2.	<i>Operator room</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan batu bata, pemasangan lantai keramik, pemasangan atap, pintu dan jendela, dan pengecatan.
3.	<i>Security post</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan batu bata, pemasangan lantai keramik, pemasangan atap, pintu dan jendela, dan pengecatan.
4.	<i>Unloading truck station</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan <i>zincalume</i> dan atap.
5.	<i>Boiler room</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan batu bata, pemasangan lantai keramik, pemasangan atap, pemasangan pintu dan jendela, pengecatan, dan pemasangan tangga.

Tabel 4.4 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan *storage tank*

No.	Nama Pekerjaan	Uraian Pekerjaan
	Pekerjaan mekanikal	
1.	<i>CPO work</i>	Terdiri dari pemasangan pompa CPO untuk bongkar muat CPO dari <i>jetty</i> ke <i>storage tank</i> dan dari <i>storage tank</i> ke truk, pemasangan jaringan pipa CPO, dan aksesoris.
2.	<i>Steam work</i>	Terdiri dari pemasangan <i>steam boiler</i> dan <i>condensate recovery unit</i> , pemasangan jaringan pipa steam, dan pemasangan aksesoris.
3.	<i>Compressed air work</i>	Terdiri dari pemasangan air compressor, <i>air receiver</i> , dan <i>pig receiver</i> , pemasangan jaringan pipa udara terkompresi, dan pemasangan aksesoris.
4.	<i>Water tank & High Perssure Pump Work</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan dan instalasi <i>water tank</i> 5000 L, tangki bertekanan 50 L, filter air, <i>water treatment feed pump</i> , dan <i>boiler make up water pump</i>
5.	<i>Weight bridge</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan jembatan timbang
6.	<i>Accesories & appurtenance</i>	Terdiri dari pemasangan aksesoris dan kelengkapan untuk pipa CPO, pipa molases, pipa steam, dan pipa udara terkompresi.

Tabel 4.5 lanjutan uraian pekerjaan dalam proyek pembangunan *storage tank*

No.	Nama Pekerjaan	Uraian Pekerjaan
7.	<i>Testing & commisioning</i>	Terdiri dari pekerjaan tes hidrostatis, pemebersihan dan pelumasan dengan CPO, dan uji tekan.
8.	<i>Piping eksternal</i>	Terdiri dari pemasangan jaringan pipa CPO dari <i>jetty</i> Nilam Timur, jaringan pipa udara terkompresi menuju <i>pig launcher</i> Nilam Timur, pemasangan <i>pig launcher</i> , dan <i>Ball Valve</i>
9.	<i>Building & HVAC</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan <i>air conditioning</i> untuk kantor, ruang panel, ruang opertaor, dan pos satpam.
10.	<i>Plumbing</i>	Terdiri dari pekerjaan pemasangan pompa suplai air, kloset, dan pipa pembungan.
11.	<i>Tank 5600 MT</i>	Terdiri dari pengaturan plat <i>sheel</i> , plat bawah, plat atap, pemasangan <i>shell manhole</i> dan <i>roof manhole</i> , pemssangan tangga, dan aksesoris <i>storage tank</i> lainnya.
12.	<i>Tank 3600 MT</i>	Terdiri dari pengaturan plat <i>sheel</i> , plat bawah, plat atap, pemasangan <i>shell manhole</i> dan <i>roof manhole</i> , pemssangan tangga, dan aksesoris <i>storage tank</i> lainnya.
	Pekerjaan Elektrikal	Terdiri dari pekerjaan penyambungan daya ke PLN, instalasi pencahayaan, dan instalasi kabel

4.2 Pengumpulan Data Proyek Pembangunan Storage tank di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

4.2.1 Master Schedule

Master schedule adalah rencana waktu yang dialokasikan untuk menyelesaikan masing masing pekerjaan sehingga menghasilkan rentang waktu yang ditetapkan untuk melaksanakan sebuah proyek. *Master schedule* dapat dibuat dalam beberapa bentuk antara lain kurva S, *gannt chart*, dan *network planning* (Ahadi, 2011) dalam penerapannya proyek pembangunan bisa mengalami keterlambatan. Keterlambatan mengakibatkan berbagai bentuk kerugian contohnya denda dan penambahan biaya yang membengkak. Pengelolaan waktu meliputi perencanaan, penyusunan, dan pengendalian jadwal. Fungsi dasar manajemen proyek salah satunya adalah pengelolaan jadwal (Rani, 2016).

Jadwal kegiatan proyek pembangunan *storage tank* di Tanjung Perak dibuat dengan persetujuan pemilik proyek dan pihak konsultan. Dalam pelaksanaannya dapat berubah sesuai kesepakatan oleh kedua belah pihak. Berikut adalah tabel 4.6 *master schedule* dari proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya:

Tabel 4.6 *master schedule* proyek pembangunan *storage tank*

No.	uraian pekerjaan	bobot kontrak (%)	durasi
A	pekerjaan sipil		
1	preparation works	0.643	55
2	storage tank 5600 m3 (4 buah)	12.601	25
3	storage tank 3600 m3 (4 buah)	7.854	27
4	loading truck station & weight bridge	3.060	26
5	operator room	0.050	14
6	boiler room, pump room, compressed, office & power house	1.622	25
7	unloading truck station	0.346	23
8	security post	0.056	14
9	pipe rack	3.266	14
10	pipe bridge	2.599	20
11	bund wall	0.766	22
12	ground tank	0.089	12
13	lain-lain	0.693	17

No.	uraian pekerjaan	bobot kontrak (%)	durasi
B	pekerjaan arsitektur		
14	loading truck	0.056	4
15	operator room	0.018	12
16	security post	0.033	14
17	unloading truck	0.015	4
18	boiler house	0.329	12
C	pekerjaan mekanikal		
19	CPO work	4.734	24
20	steam work	6.455	20
21	compressed air work	1.694	14
22	water tank & WTP & high pressure pump work	1.205	8
23	weight bridge	1.505	8
24	accessories & appurtenance	1.271	19
25	testing & commissioning	0.172	14
26	pipng external	4.154	20
27	building - HVAC	0.046	4
28	plumbing	0.125	10
29	tank 5600 MT (3 NOS)	20.064	31
30	CPO Tank 3600 MT (3 NOS)	17.955	31
D	pekerjaan elektrikl		
31	elektrikal	6.525	10
	total	100.000	

4.2.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) merupakan perhitungan banyak biaya yang diperlukan untuk kebutuhan bahan material, upah pekerja, sewa alat berat dan biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Rencana anggaran harus dihitung dengan teliti dan harus memenuhi syarat. Anggaran ini akan disepakati antara pemilik proyek dengan pihak konsultan. Berikut ini merupakan beberapa data yang dibutuhkan pada penelitian ini, data rencana anggaran biaya (RAB) proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak terdapat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 rencana anggaran biaya proyek

No.	uraian pekerjaan	Jumlah harga kontrak (Rp.)
A	pekerjaan sipil	
1	preparation works	Rp 626,575,000
2	storage tank 5600 m3 (4 buah)	Rp 12,287,703,310
3	storage tank 3600 m3 (4 buah)	Rp 7,658,842,398
4	loading truck station & weight bridge	Rp 2,983,340,982
5	operator room	Rp 48,875,505
6	boiler room, pump room, compressed, office & power house	Rp 1,581,130,580
7	unloading truck station	Rp 337,101,957
8	security post	Rp 54,176,887
9	pipe rack	Rp 3,184,702,091
10	pipe bridge	Rp 2,533,818,775
11	bund wall	Rp 747,413,662
12	ground tank	Rp 86,471,392
13	lain-lain	Rp 675,781,597
B	pekerjaan arsitektur	
14	loading truck	Rp 54,777,784
15	operator room	Rp 17,860,543
16	security post	Rp 32,190,564
17	unloading truck	Rp 14,421,274
18	boiler house	Rp 321,279,143
C	pekerjaan mekanikal	
19	CPO work	Rp 4,616,517,002
20	steam work	Rp 6,294,400,361
21	compressed air work	Rp 1,652,013,123
22	water tank & WTP & high pressure pump work	Rp 1,175,410,767
23	weight bridge	Rp 1,467,174,578
24	accessories & appurtenance	Rp 1,238,929,520
25	testing & commisioning	Rp 167,570,701
26	pipng external	Rp 4,050,428,192
27	building - HVAC	Rp 44,501,513
28	plumbing	Rp 122,273,201
29	tank 5600 MT (3 NOS)	Rp 19,564,237,779
30	CPO Tank 3600 MT (3 NOS)	Rp 17,508,084,332
D	pekerjaan elektrikal	
31	elektrikal	Rp 6,362,280,884
	total	Rp 97,510,285,398

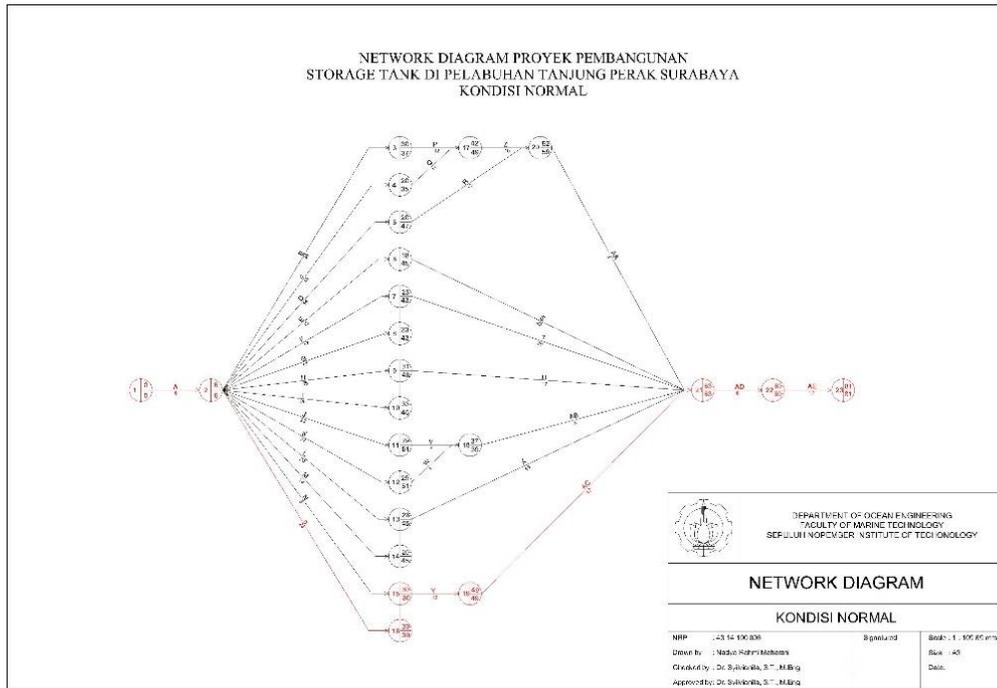
4.3 Penentuan Jalur Kritis

Pada tahap penjadwalan pertama harus diketahui durasi setiap pekerjaan pada proyek, dalam penelitian ini untuk mengetahui durasi setiap pekerjaan bisa dengan melihat schedule rencana pada proyek. Setelah durasi setiap pekerjaan diketahui selanjutnya menentukan hubungan tiap pekerjaan, setelah hubungan setiap pekerjaan tersebut selesai dimodelkan secara manual dan dengan Microsoft Project 2010, maka akan didapatkan beberapa item pekerjaan yang

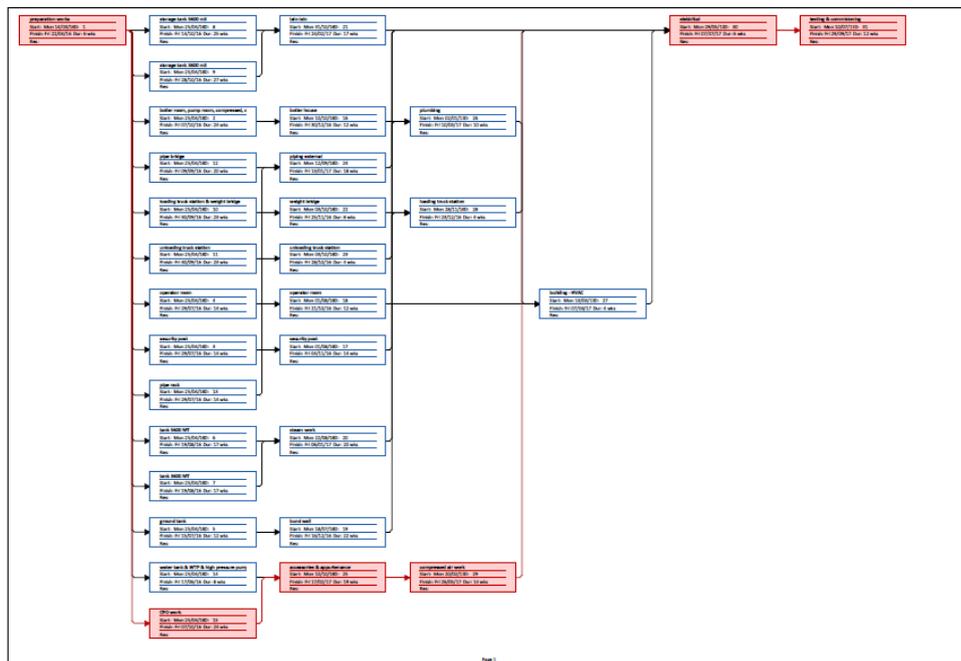
berada pada jalur kritis dengan ciri pada *bar chart* maupun *network diagram* ditunjukkan dengan garis berwarna merah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2 dan gambar 4.3. Pekerjaan yang berada pada jalur kritis inilah yang akan dilakukan percepatan (*crashing*).

Tabel 4.8 daftar *predecessor* dan pekerjaan yang berada di jalur kritis

kode	uraian pekerjaan	durasi	predecessor	successor
A	preparation works	6	-	B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O
B	boiler room, pump room, compressed, office & power house	24	A	P
C	security post	14	A	Q
D	operator room	14	A	R
E	ground tank	12	A	S
F	CPO Tank 3600 MT (3 NOS)	17	A	T
G	tank 5600 MT (3 NOS)	17	A	T
H	storage tank 5600 m3 (4 buah)	25	A	U
I	storage tank 3600 m3 (4 buah)	27	A	U
J	loading truck station & weight bridge	23	A	V
K	unloading truck station	23	A	W
L	pipe bridge	20	A	X
M	pipe rack	14	A	X
N	water tank & WTP & high pressure pump work	8	A	Y
O	CPO work	24	A	Y
P	boiler house	12	B	Z
Q	security post	14	C	Z
R	operator room	12	D	AA
S	bund wall	22	E	AD
T	steam work	20	F, G	AD
U	lain-lain	17	H, I	AD
V	weight bridge	8	J	AB
W	unloading truck	4	K	AB
X	pipng external	18	L, M	AD
Y	accessories & appurtenance	19	N, O	AC
Z	plumbing	10	P, Q	AA
AA	building - HVAC	4	R, Z	AD
AB	loading truck	4	V, W	AD
AC	compressed air work	14	Y	AD
AD	elektrikal	6	S, T, U, X, AA, AB, AC	AE
AE	testing & commisioning	12	AD	-



Gambar 4.2 *network diagram manual*



Gambar 4.3 *network diagram dengan menggunakan Ms. Project 2010*

4.3.1 Perhitungan Maju (*Forward Pass*), Perhitungan Mundur (*Backward Pass*), Dan *Float*

Dalam perhitungan maju (*forward pass*) akan didapat nilai *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), dimana nilai EF didapat dari penjumlahan antara ES dan durasi. Dalam perhitungan mundur (*backward pass*) ini akan didapatkan nilai *latest start* (LS) dan *latest finish* (LF), dimana LS didapatkan dari hasil pengurangan antara LF dan durasi. Setelah mengetahui nilai ES, EF, LS, dan LF, maka langkah selanjutnya adalah mengidenfitikasi nilai float. Berikut ini adalah hasil dari perhitungan maju, perhitungan mundur, dan float.

Tabel 4.9 perhitungan maju, perhitungan mundur, dan *float*

kode	uraian pekerjaan	durasi	predecessor	perhitungan maju		perhitungan mundur		TF
				ES	EF	LS	LF	
A	preparation works	6	-	0	6	0	6	0
B	boiler room, pump room, compressed, office & power house	24	A	6	30	13	37	7
C	security post	14	A	6	20	21	35	15
D	operator room	14	A	6	20	33	47	27
E	ground tank	12	A	6	18	29	41	23
F	CPO Tank 3600 MT (3 NOS)	17	A	6	23	26	43	20
G	tank 5600 MT (3 NOS)	17	A	6	23	26	43	20
H	storage tank 5600 m3 (4 buah)	25	A	6	31	21	46	15
I	storage tank 3600 m3 (4 buah)	27	A	6	33	19	46	13
J	loading truck station & weight bridge	23	A	6	29	28	51	22
K	unloading truck station	23	A	6	29	32	55	26
L	pipe bridge	20	A	6	26	25	45	19
M	pipe rack	14	A	6	20	31	45	25
N	water tank & WTP & high pressure pump work	8	A	6	14	22	30	16
O	CPO work	24	A	6	30	6	30	0
P	boiler house	12	B	30	42	37	49	7
Q	security post	14	C	20	34	35	49	15
R	operator room	12	D	20	32	47	59	27
S	bund wall	22	E	18	40	41	63	23
T	steam work	20	F, G	23	43	43	63	20
U	lain-lain	17	H, I	33	50	46	63	13
V	weight bridge	8	J	29	37	51	59	22
W	unloading truck	4	K	29	33	55	59	26
X	pipng external	18	L, M	26	44	45	63	19
Y	acesorries & appurtenance	19	N, O	30	49	30	49	0
Z	plumbing	10	P, Q	42	52	49	59	7
AA	building - HVAC	4	R, Z	52	56	59	63	7
AB	loading truck	4	V, W	37	41	59	63	22
AC	compressed air work	14	Y	49	63	49	63	0
AD	elektrikal	6	S, T, U, X, AA, AB, AC	63	69	63	69	0
AE	testing & commisioning	12	AD	69	81	69	81	0

4.3.2 Menentukan Jalur Kritis

Jalur kritis adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan pada proyek yang jika salah satu dari kegiatan mengalami keterlambatan maka akan mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Berikut merupakan uraian jalur yang ada pada proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya:

1. Jalur 1
Terdiri dari kegiatan A-B-P-Z-AA-AD-AE
2. Jalur 2
Terdiri dari kegiatan A-C-Q-Z-AA-AD-AE
3. Jalur 3
Terdiri dari kegiatan A-D-R-AA-AD-AE
4. Jalur 4
Terdiri dari kegiatan A-E-S-AD-AE
5. Jalur 5
Terdiri dari kegiatan A-F-T-AD-AE
6. Jalur 6
Terdiri dari kegiatan A-G-T-AD-AE
7. Jalur 7
Terdiri dari kegiatan A-H-U-AD-AE
8. Jalur 8
Terdiri dari kegiatan A-I-U-AD-AE
9. Jalur 9
Terdiri dari kegiatan A-J-V-AB-AD-AE
10. Jalur 10
Terdiri dari kegiatan A-K-W-AB-AD-AE
11. Jalur 11
Terdiri dari kegiatan A-L-X-AD-AE
12. Jalur 12
Terdiri dari kegiatan A-M-X-AD-AE

13. Jalur 13

Terdiri dari kegiatan A-N-Y-AC-AD-AE

14. Jalur 14

Terdiri dari kegiatan A-O-Y-AC-AD-AE

Dari jalur-jalur diatas jalur yang berupa jalur kritis ada pada jalur 14 dengan rangkaian kegiatan berupa *preparation work - CPO work - Accessories & Appurtenance - Compressed air work - Elektrikal - Testing & Commisioning*.

Setelah mengetahui jalur mana yang merupakan jalur kritis, maka tahap selanjutya yaitu melakukan percepatan durasi pada masing masing jalur kritis. Percepatan durasi proyek dapat dilakukan dengan beberapa variabel percepatan, seperti penambahan jam kerja, penambahan pekerja, penggunaan metode konstruksi yang lebih efektif, dan penggunaan matrial yang lebih cepat.

Dalam proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya ini, variabel yang digunakan yaitu dengan cara penambahan jam kerja (lembur) dari dua jam hingga empat jam pada tiap kegiatan yang ada di jalur kritis.

4.4 Crash Duration

Crash duration merupakan waktu yang dibutuhkan suatu proyek dalam mempersingkat atau mempercepat waktu sehingga didapatkan durasinya lebih pendek dari durasi normal. Dalam proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya variabel yang digunakan adalah penambahan jam kerja pada masing-masing jalur kritis dengan penambahan dua sampai empat jam.

Berikut merupakan perhitungan *crash duration* pada kegiatan A yaitu *preparation work* untuk penambahan tiga jam:

- Durasi normal = 30 hari
- Bobot pekerjaan = 0.556
- Produktivitas tiap jam = (bobot pekerjaan)/(jam kerja perhari x durasi)
$$= 0.556/(8 \times 30) = 2.3 \times 10^{-3}$$

- Produktivitas harian dengan penambahan kerja lembur

Produktivitas harian akibat adanya kerja lembur diperhitungkan mengalami penurunan dari produktivitas normal. Hal ini disebabkan oleh kekelahan pekerja, keterbatasan pandang waktu malam hari, serta keadaan cuaca yang lebih dingin di malam hari. Berikut merupakan perhitungan dari koefisien pengurangan produktivitas.

Tabel 4.10 perhitungan koefisien produktivitas

jam lembur	penurunan indeks produktivitas	penurunan prestasi kerja (per jam)	presentase penurunan prestasi kerja (%)	koefisien produktivitas
a	b	C = a*b	d	E = 100%-d
1	0.1	0.1	10	0.9
2	0.1	0.2	20	0.8
3	0.1	0.3	30	0.7
4	0.1	0.4	40	0.6

Maka:

Produktivitas harian akibat kerja lembur = (a x E x prod. Tiap jam)

$$= 3 \times 0.7 \times 2.3 \times 10^{-3}$$

$$= 0.0048$$

- Produktivitas harian sesudah *crash* = (8 jam x prod. Tiap jam) + produktivitas lembur

$$= (8 \times 2.3 \times 10^{-3}) + 0.0048$$

$$= 0.023$$

- *Crash duration* = bobot/produktivitas harian sesudah crash

$$= 0.556/0.023$$

$$= 25 \text{ hari}$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa durasi normal pada kegiatan A adalah 30 hari dan setelah dilakukan *crash duration* durasi kegiatan A menjadi 6 hari. Untuk kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur kritis dapat dihitung dengan cara yang sama. Dibawah ini merupakan hasil dari perhitungan *crash duration* pada masing-masing jalur kritis untuk setiap penambahan jam kerja.

4.4.1 Hasil Penambahan Dua Jam Lembur

Pada penambahan dua jam lembur, koefisien pengurangan produktivitas kerja lembur yang digunakan adalah 0.8. berikut adalah hasil perhitungan *crash duration*.

Tabel 4.11 perhitungan *crash duration* untuk dua jam lembur

peristiwa	volume	crash duration (hari)	crash duration (minggu)
preparation works	1.168	25	5
CPO work	7.208	100	20
accessories & appurtenance	67.489	79	16
compressed air work	4.320	58	12
elektrikal	1.115	25	5
testing & commisioning	1.000	50	10

4.4.2 Hasil Penambahan Tiga Jam Lembur

Pada penambahan tiga jam lembur, koefisien pengurangan produktivitas kerja lembur yang digunakan adalah 0.7. berikut adalah hasil perhitungan *crash duration*.

Tabel 4.12 perhitungan *crash duration* untuk tiga jam lembur

peristiwa	volume	crash duration (hari)	crash duration (minggu)
preparation works	1.168	24	5
CPO work	7.208	95	19
accessories & appurtenance	67.489	75	15
compressed air work	4.320	55	11
elektrikal	1.115	24	5
testing & commisioning	1.000	48	10

4.4.3 Hasil Penambahan Empat Jam Lembur

Pada penambahan 4 jam lembur, koefisien pengurangan produktivitas kerja lembur yang digunakan adalah 0.6. berikut adalah hasil perhitungan *crash duration*nya.

Tabel 4.13 perhitungan crash duration untuk empat jam lembur

peristiwa	volume	crash duration (hari)	crash duration (minggu)
preparation works	1.168	23	5
CPO work	7.208	92	18
accessories & appurtenance	67.489	73	15
compressed air work	4.320	54	11
elektrikal	1.115	23	5
testing & commisioning	1.000	46	9

4.5 Biaya Proyek

Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi tentunya perhitungan biaya sangatlah penting dilakukan agar dapat mengetahui berapa biaya total yang harus diperlukan dalam menyelesaikan proyek tersebut. Ada beberapa jenis biaya yang berhubungan dengan pembiayaan suatu proyek konstruksi, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

a. Biaya langsung

Biaya langsung adalah biaya yang langsung berhubungan dengan pekerjaan kostruksi di lapangan. Biaya langsung ini didapat dari hasil perkalian antara volume suatu pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Pada tabel dibawah ini merupakan biaya langsung dari suatu pekerjaan yang berada dalam jalur kritis.

Tabel 4.14 biaya langsung tiap pekerjaan

kegiatan	biaya upah&bahan
preparation works	Rp 563,917,500
CPO work	Rp 4,154,865,302
Accessories & Appurtenance	Rp 1,115,036,568
compressed air work	Rp 1,486,811,810
elektrikal	Rp 5,726,052,796
testing & commisioning	Rp 150,813,631
total	Rp 13,197,497,606

b. Biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung adalah semua biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan tetapi biaya ini harus

ada dan tidak bisa dilepaskan dari proyek, seperti: biaya *overhead*, biaya tak terduga dan keuntungan/profit.

Berikut merupakan biaya tidak langsung dari proyek pembangunan storage tank di pelabuhan tanjung perak surabaya:

- biaya *overhead*/hari = Rp1,205,697.31
- profit = Rp978,081,211.49
- biaya tidak langsung = (durasi normal x biaya *overhead*/hari) + profit
= Rp1,466,388,622.93

setelah mengetahui nilai dari biaya langsung dan tidak langsung untuk masing-masing jalur kritis, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya total seluruh kegiatan yang berada di jalur kritis

- biaya total = biaya langsung + biaya tidak langsung
= Rp13,197,497,606 + Rp1,466,388,622.93
= Rp14,663,886,229

4.6 Cost Slope

Cost slope merupakan penambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu. Sebelum menghitung biaya *cost slope* maka langkah awal yang harus dikerjakan adalah menghitung total gaji lembur perhari untuk masing-masing penambahan jam lembur yaitu dua sampai empat jam. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 Pasal 11 perhitungan total gaji lembur dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\text{Gaji per hari} = \text{Rp}233,333$$

$$\text{Total gaji perjam} = \text{Rp}29,167$$

Total gaji lembur

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{total gaji perjam} \times 1.5 \text{ jam} = \text{Rp}43,750$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 2 jam} &= \text{total gaji perjam} \times 1,5 \text{ jam} + \text{total gaji perjam} \times 2 \text{ jam} \\ &= \text{Rp}58,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 3 jam} &= \text{total gaji perjam} \times 1,5 \text{ jam} + 2(\text{total gaji perjam} \times 2 \text{ jam}) \\ &= \text{Rp}160,417 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 4 jam} &= \text{total gaji perjam} \times 1,5 \text{ jam} + 3(\text{total gaji perjam} \times 2 \text{ jam}) \\ &= \text{Rp}218,750 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan gaji lembur untuk penambahan dua sampai empat jam, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *cost slope*, dimana nantinya biaya *cost slope* ini akan digunakan untuk melakukan pemadatan biaya sehingga akan didapat biaya paling optimum. Berikut merupakan perhitungan *cost slope* pada kegiatan *preparation work* untuk penambahan 2 jam lembur:

- durasi normal = 30 hari
- durasi *crash* = 25 hari
- produktivitas tiap jam = 0.0049
- upah normal per jam = prod. Tiap jam x harga satuan upah
= Rp1,135
- upah normal per hari = 8 jam x upah normal per jam
= Rp9,082.35
- *normal cost* = normal durasi x upah normal perhari
= Rp272,470.45
- upah lembur = (1,5 + 2) x upah normal per hari
= Rp31,788.22
- *cost* upah perhari = upah normal per jam + upah lembur
= Rp32,923.51
- *cost* upah = crash duration x *cost* upah perhari
= Rp823,087.83
- *cost* bahan = Rp556,917,500
- *crash cost* = *cost* upah + *cost* bahan
= Rp557,740,587.83
- $\text{cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal durasi} - \text{crash durasi}}$
= Rp111,493,623

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa untuk penambahan biaya langsung pada kegiatan *preparation work* adalah sebesar Rp125,400,165. Untuk kegiatan yang lain dapat dilakukan dengan cara yang

sama dan *cost slope* dari kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur kritis dapat di lihat dalam lampiran.

4.7 Analisa Time Cost Trade Off

Dalam proses percepatan waktu dengan melakukan kompresi diusahakan agar penambahan biaya yang timbul seminimal mungkin. Penekanan durasi proyek dilakukan untuk semua kegiatan yang berada pada jalur kritis dan dimulai dari aktivitas yang memiliki nilai *cost slope* paling rendah. Kompresi waktu akan berhenti jika telah tercapai kondisi kompresi maksimal. Berikut ini merupakan cara perhitungan kompresi untuk suatu kegiatan:

- durasi kompresi = (durasi proyek normal – *total crash*)
- biaya langsung = biaya langsung normal + *cost slope*
- tambahan biaya lembur = biaya lembur tiap jam x *crash* durasi
- biaya tidak langsung = (durasi kompres x biaya *overhead*) + tambahan biaya lembur + biaya *overhead*
- total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

demikian seterusnya sampai tahanan yang paling optimum. Berikut ini merupakan rekapitulasi dari hasil kompresi waktu dan pengaruh biaya untuk tiga skenario yang digunakan yaitu penambahan dua jam kerja, penambahan tiga jam kerja, dan penambahan empat jam kerja.

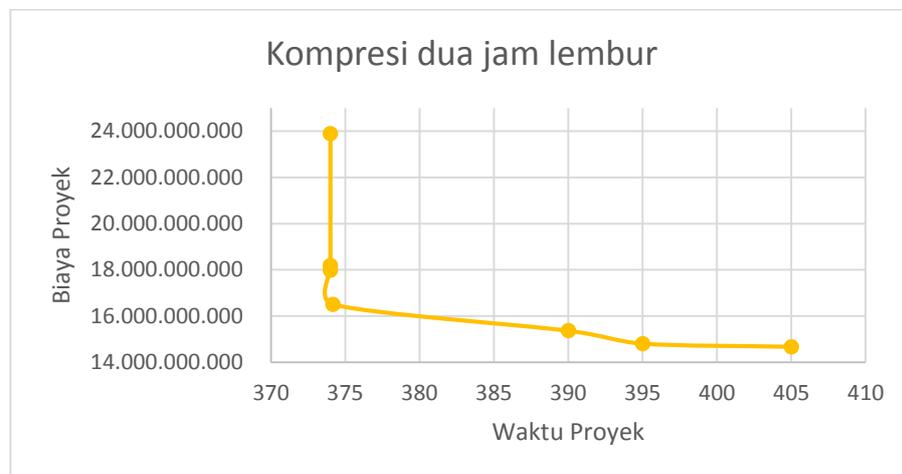
4.7.1 Total Biaya Pada Dua Jam Lembur

Pada percepatan dengan skenario penambahan jam kerja dua jam durasi total proyek pembangunan dapat dipercepat hingga 6 minggu 1 hari menjadi 74 minggu 4 hari kerja dengan total biaya proyek Rp16,499,080,098.94. berikut adalah rincian kompresi untuk percepatan dengan penambahan dua jam kerja.

Tabel 4.15 perhitungan kompresi dengan penambahan dua jam kerja

kompresi	2 jam lembur	
kegiatan yang dipersingkat	waktu proyek	biaya proyek
posisi normal	405	14,663,886,229
testing & commisioning	395	14,801,171,388
preparation work	390	15,358,639,505
acesories & appurtenance	374	16,499,080,099
compressed air work	374	17,971,595,720
cpo work	374	18,178,108,930
elektrikal	374	23,897,687,701

Gambar 4.3 grafik hubungan waktu dan biaya yang terkompresi



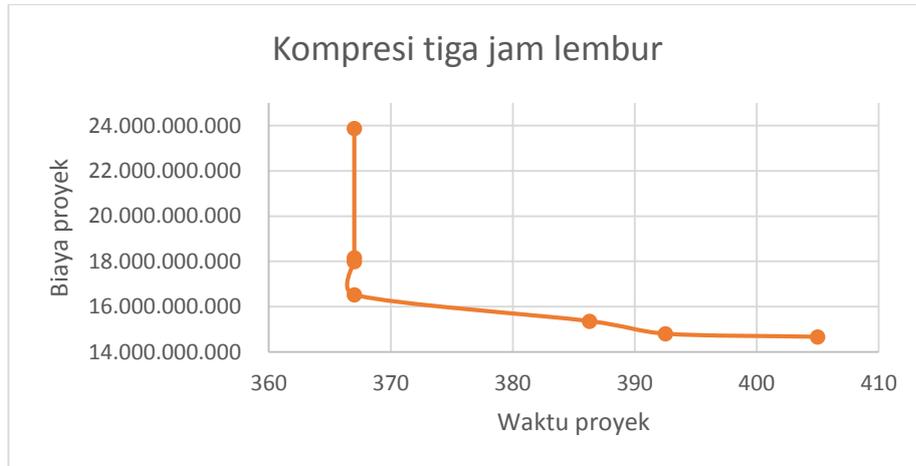
4.7.2 Total Biaya Pada Tiga Jam Lembur

Pada percepatan dengan skenario penambahan jam kerja tiga jam durasi total proyek pembangunan dapat dipercepat hingga 19 hari menjadi 386 hari kerja dengan total biaya proyek Rp16,359,365,137.85. berikut adalah rincian kompresi untuk percepatan dengan penambahan tiga jam kerja.

Tabel 4.16 perhitungan kompresi dengan penambahan tiga jam kerja

kompresi	3 jam lembur	
kegiatan yang dipersingkat	waktu proyek	biaya proyek
posisi normal	405	14,663,886,229
testing & commisioning	393	14,801,506,130
preparation work	386	15,359,365,137
acesories & appurtenance	367	16,522,397,344
compressed air work	367	17,996,359,155
cpo work	367	18,161,994,231
elektrikal	367	23,881,946,398

Gambar 4.4 grafik hubungan waktu dan biaya yang terkompresi



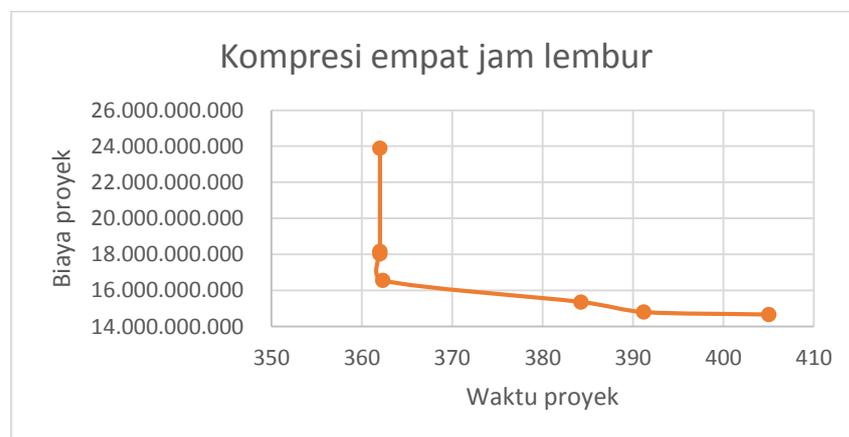
4.7.3 Total Biaya Pada Tiga Jam Lembur

Pada percepatan dengan skenario penambahan jam kerja tiga jam durasi total proyek pembangunan dapat dipercepat hingga 21 hari menjadi 384 hari kerja dengan total biaya proyek Rp15,360,235,3.54. berikut adalah rincian kompresi untuk percepatan dengan penambahan empat jam kerja.

Tabel 4.17 perhitungan kompresi dengan penambahan empat jam kerja

kompresi	4 jam lembur	
kegiatan yang dipersingkat	waktu proyek	biaya proyek
posisi normal	405	14,663,886,229
testing & commisioning	391	14,801,992,167
preparation work	384	15,360,235,341
acesories & appurtenance	362	16,556,069,925
compressed air work	362	18,032,131,564
cpo work	362	18,181,493,642
elektrikal	362	23,901,987,970

Gambar 4.5 grafik hubungan waktu dan biaya yang terkompresi



4.8 Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Proyek

Dengan mempercepat durasi pekerjaan proyek, durasi pekerjaan proyek akan lebih cepat dari durasi pekerjaan proyek pada kondisi normal, tetapi proses percepatan durasi proyek akan berdampak pada perubahan biaya langsung yang akan bertambah. Sedangkan biaya tidak langsung akan menghasilkan biaya yang berbanding lurus dengan pengurangan durasi proyek, semakin cepat durasi proyek maka semakin sedikit biaya tidak langsung yang dikeluarkan. Hasil dari proses percepatan menunjukkan bahwa percepatan dengan alternatif kerja lembur empat jam menghasilkan durasi total lebih sedikit, yaitu 362 hari jika dibandingkan dengan alternatif kerja lembur dua dan tiga jam. Hal tersebut dikarenakan produktivitas tenaga kerja pada alternatif lembur empat jam lebih besar. Maka dalam hal efisiensi durasi waktu pekerjaan, percepatan dengan alternatif penambahan empat jam lebih unggul dibanding percepatan dengan alternatif dua dan tiga jam lembur. Namun dalam hal ini tentu ada keuntungan dan kerugian sendiri untuk menggunakan ketiga alternatif tersebut.

4.8.1 Perbandingan Durasi Dan Biaya Proyek

Proyek pembangunan storage tank di pelabuhan tanjung perak surabaya direncanakan selesai dalam waktu 405 hari atau 81 minggu, untuk pekerjaan dimulai pada tanggal 14 maret 2016 dan selesai pada tanggal 29 september 2017 dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp 97,510,285,398.00. dengan melakukan percepatan durasi proyek terhadap pekerjaan yang berada pada jalur kritis, maka akan menambah pengeluaran biaya langsung (direct cost) proyek. Berikut tabel rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya antara durasi proyek dalam kondisi normal dan durasi proyek yang sudah dipercepat dengan alternatif penambahan jam kerja dua hingga 4 jam lembur.

Tabel 4.18 rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya

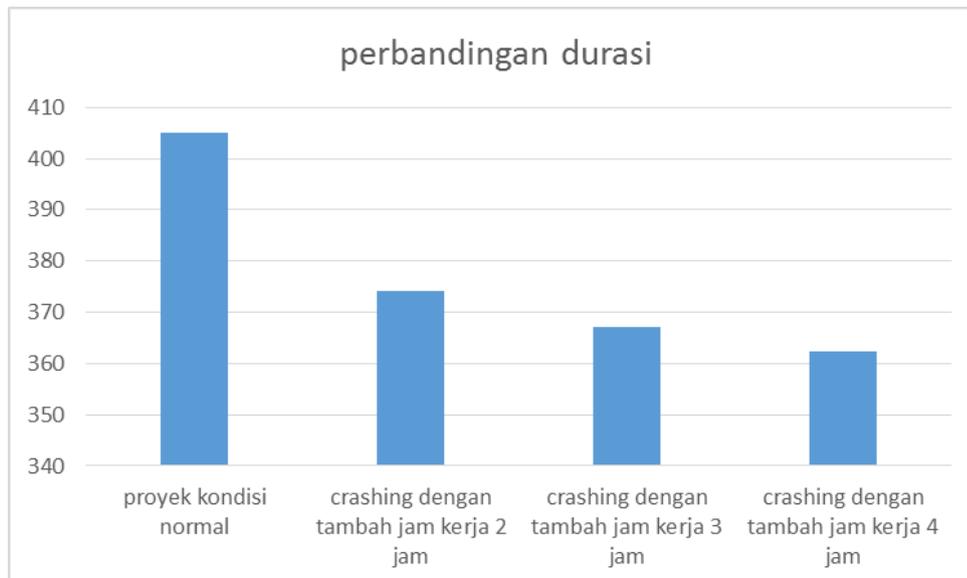
	durasi	direct cost	indirect cost	total cost
proyek kondisi normal	405	Rp 13,197,497,606	Rp 1,466,388,622.93	Rp 14,663,886,229.30
crashing dengan tambah jam kerja 2 jam	374	Rp 15,032,691,476.01	Rp 1,466,388,622.93	Rp 16,499,080,098.94
crashing dengan tambah jam kerja 3 jam	367	15,056,008,720.92	Rp 1,466,388,622.93	Rp 16,522,397,343.85
crashing dengan tambah jam kerja 4 jam	362	15,089,681,301.61	Rp 1,466,388,622.93	Rp 16,556,069,924.54

Dari hasil analisa crash program yang dilakukan dengan menambah jam kerja dua jam durasi proyek yang semula 405 hari dipercepat menjadi 374 hari, dengan menambah jam kerja tiga jam durasi proyek dipercepat menjadi 367 hari, dan dengan menambah jam kerja empat jam durasi proyek dipercepat menjadi 362 hari. Namun setelah dilakukan percepatan terbukti bahwa total biaya yang semula Rp14,663,886,229.30 ikut berubah menjadi Rp16,499,080,098.94 untuk crashing dengan menerapkan sistem penambahan sistem jam kerja dua jam, Rp16,522,397,343.85 untuk crashing dengan menerapkan sistem penambahan sistem jam kerja tiga jam, dan Rp16,556,069,924.54 untuk crashing dengan menerapkan sistem penambahan sistem jam kerja empat jam.

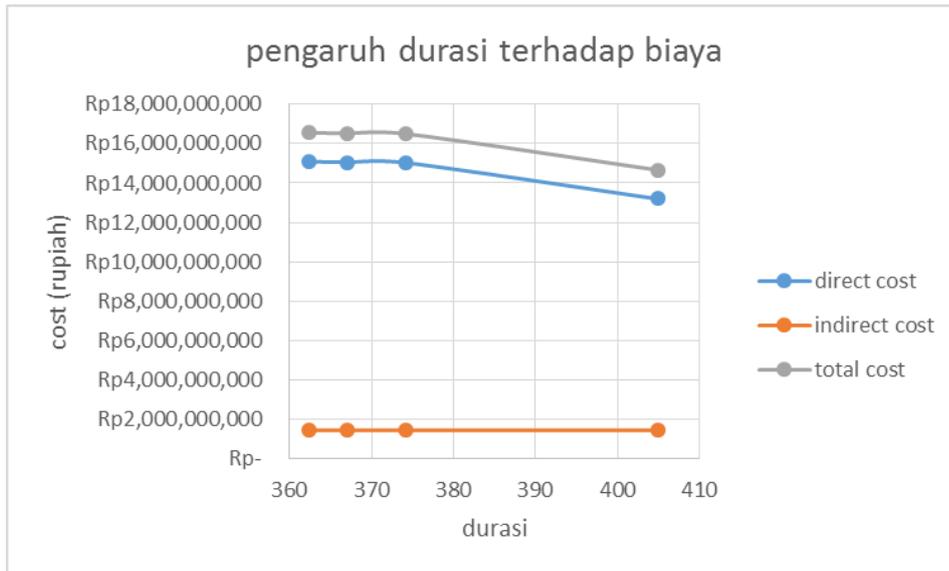
Perbandingan antara durasi proyek normal dan durasi proyek setelah penambahan jam kerja dua jam mengalami perubahan yang lebih besar dibanding penambahan jam kerja lainnya. Sama seperti durasi, total biaya juga mengalami perubahan. Dapat diketahui penambahan jam kerja dua jam memiliki total biaya paling sedikit dibanding total biaya dengan penambahan tiga jam kerja atau empat jam kerja. Berikut dibawah ini ditampilkan grafik perbandingan antara durasi proyek normal dan durasi proyek sesudah crashing, serta biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total proyek sebelum dan sesudah crashing.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.6 (a) grafik perbandingan direct cost, indirect cost, dan biaya total;
 (b) grafik perbandingan durasi; (c) grafik pengaruh durasi terhadap biaya

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa penambahan jam kerja yang dilakukan pada proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya didapat simpulan sebagai berikut:

5.1.1 Jalur kritis

Dalam analisa percepatan proyek pembangunan *storage tank* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya didapat 14 jalur dengan jalur ke-14 merupakan jalur kritis. Kegiatan yang berada dalam jalur kritis, yaitu:

- a. *preparation work*
- b. *CPO work*
- c. *Accessories & Appurtenance*
- d. *Compressed air work*
- e. Elektrikal
- f. *Testing & Commisioning*

5.1.2 Durasi proyek setelah dilakukan percepatan

Pada analisa percepatan dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* ini didapatkan bahwa kegiatan yang berada dalam jalur kritis mengalami perubahan durasi dari durasi normal 405 hari menjadi 374 hari pada penambahan dua jam lembur, 367 hari pada penambahan tiga jam lembur dan 362 hari untuk penambahan pada empat jam lembur.

5.1.3 Biaya optimum

Biaya dan waktu otimum pada jalur kritis didapatkan pada penambahan dua jam kerja, karena dengan penambahan dua jam kerja total durasi proyek dapat dikurangi 31 hari menjadi 374 hari dari 405 hari dengan penambahan biaya paling sedikit menjadi Rp16,499,080,098.94 dari Rp14,663,886,229.30. kegiatan yang dapat dipercepat durasinya antara lain kegiatan *testing & commisioning*, *preparation work*, dan *accesories & appurtenance*. Dibanding dengan pembahan tiga dan empat jam kerja, total durasi proyek hanya dapat dipercepat 19 dan 21 hari dengan kegiatan yang

dapat dipercepat hanya *testing & commissioning* dan *preparation work*. total biaya proyek menjadi Rp16,522,397,343.85 dan Rp16,556,069,924.54. Bila kegiatan lain tetap dipercepat, biaya mengalami pembengkakan sedang durasi sudah tidak dapat dipersingkat karena bertabrakan dengan jalur lainnya.

5.2 Saran

Saran penulis untuk penelitian selanjutnya adalah:

- a. Dapat dilakukan analisa jalur kritis dengan uraian pekerjaan proyek pembangunan *storage tank* dengan data yang lebih detail.
- b. Dapat dilakukan percepatan proyek dengan variabel lain selain penambahan jam lembur.
- c. Perlu dilakukan analisa mutu pada pekerjaan yang telah dipercepat durasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirulloh, Reza Hervindra. 2017. *Studi Percepatan Durasi Pengerjaan Proyek Pembangunan Kapal Niaga Di PT. PAL Indonesia*. Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Anonim, 2012. *CPM (Critical Path Method)*. Www.ilmutekniksipil. Diakses Pada 12 Februari 2018.
- Atkinson, Roger. 1999. *Project Managemet: Cost, Time And Quality, Two Best Guesses And A Phenomenon, Its Time To Accept Other Success Criteria*. International Journal Of Project Management Vol. 17, No. 6, Pp. 337-342, Britania Raya.
- Badri, Sofwan. 1988. *Dasar-Dasar Network Planning*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Cubic, G, Nikolic, G, Kukuljevic, P. 2015. *Creating A Network Planning Diagram: Men's Trousers Production Project*. J Textile Sci Eng 5: 193. Croatia.
- Daramola, M.O. 2015. *Application Of Critical Path Method Scheduling To Research Plan And Management Of Graduate Students' Research Project In Engineering Education*. Qscience Proceedings (Engineering Leaders Conference 2014) 2015:20. Afrika Selatan.
- Herjanto, Eddy. 2008. *Manajemen Operasi Edisi Ketiga*. Jakarta: Pt. Grasindo.
- Karmaker, C, Halder, P. (2017). *Scheduling Project Crashing Time Using Linear Programming Approach: Case Study*. International Journal Of Research In Industrial Engineering Vol. 6, No. 4 (2017) 283–292. Bangladesh
- Kisworo, Rizky Widyo. 2016. *Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jmlah Alat*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Kisworo, R.W, Handayani, F.S, Sunarmasto. 2017. *Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat*. E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/September 2017/766. Surakarta

- Krishnawati, Widya. 2017. *Pencalonan Kembali Indonesia Sebagai Anggota Dewan IMO Kategori C Periode Tahun 2018-2019*. Www.Setkab.Go.Id. Diakses Pada 3 Februari 2018.
- Lin, L., Lou, T. And Zhan, N. 2014. *Project Scheduling Problem With Uncertain Variables*. Applied Mathematics, 5, 685-690. China: Scientific Research.
- Luong, Linh. 2014. *Project Management 101*. Texas: Connerxions.
- Menesi, Wail. 2010. *Construction Scheduling Using Critical Path Analysis With Separated Time Segments*. Thesis Submitted To Obtained The Academic Degree Of Doctor Of Philosophy In Civil Engineering, University Of Waterloo, Canada.
- N, Ramlee Et Al. 2015. *Critical Success Factors For Construction Project*. Malaysia: AIP Publishing.
- Olesen, Peter Bjerg Et Al. 2014. *Strategic Port Development: Identifying A Development Approach For Small And Medium-Sized Port*. Denmark: Trafikdage.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: PM 21 Tahun 2015 Tentang Penyelenggaraan Pelabuhan*. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Santosa, Budi. 2009. *Manajemen Proyek Konsep & Implementasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Shurrab, M. 2015. *Traditional Critical Path Method Versus Critical Chain Project Management: A Comparative View*. Int J Econ Manag Sci 4: 292. Japan.
- Soeharto, Imam. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta. Erlangga.
- Syahrizal. 2014. *Acceleration Time Analysis Of Project Work On Optimum Structure With Additional Cost*. Journal Od Civil Engineering Research, 4(3A): 208-213, Medan.
- Tachman, Taufiqur. 2013. *Materi #11 EMA302 – Manajemen Operasional*. Universitas Esa Unggul. Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Trivedi, M.K, Namdev, Sapan. (2015). *Use Of Optimization Techniques In Time-Cost Trade Off (TCT) In Civil Construction: An Overview*. International

Journal Of Civil Engineering And Mechanics. Volume 2, Number 1 (2015),
Pp. 1-13. India.

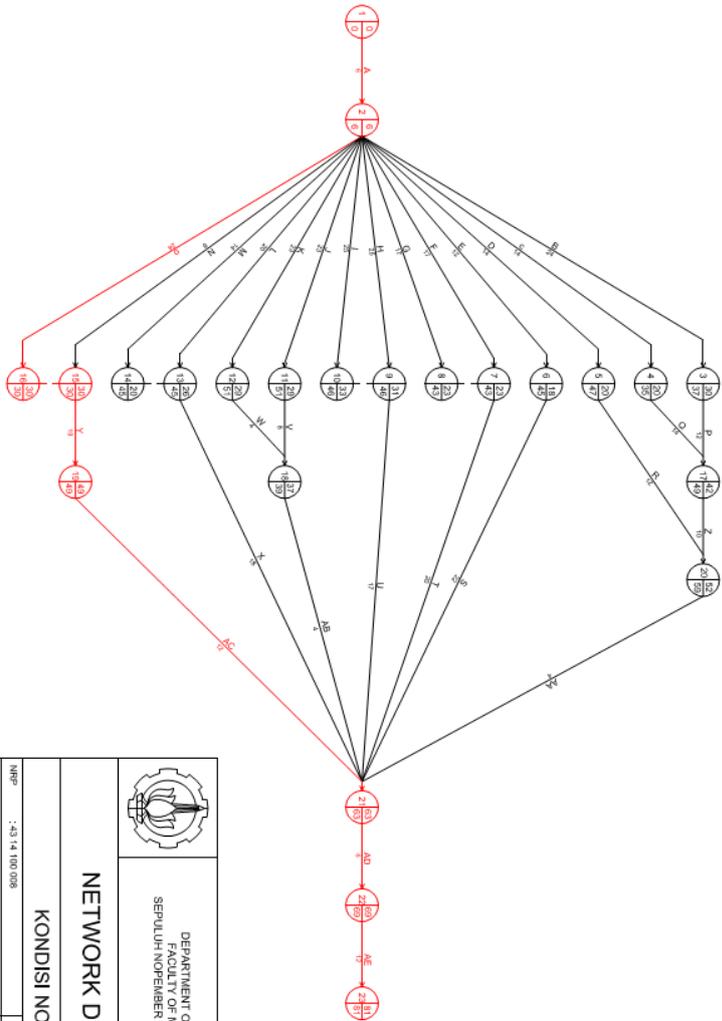
Unas, Saifoe El. 2012. *Estimasi Biaya Proyek Rencana Anggaran Biaya*.
Universitas Brawijaya. Malang.

Widiasanti, Irika Dan Longgogeni. 2013. *Manajemen Konstuksi*. Bandung: Remaja
Rosdakarya.

Yamit, Zulian. 1996. *Manajemen Produksi Dan Operasi Edisi Pertama*.
Yogyakarta: Ekonisia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

NETWORK DIAGRAM PROYEK PEMBANGUNAN
STORAGE TANK DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA
KONDISI NORMAL

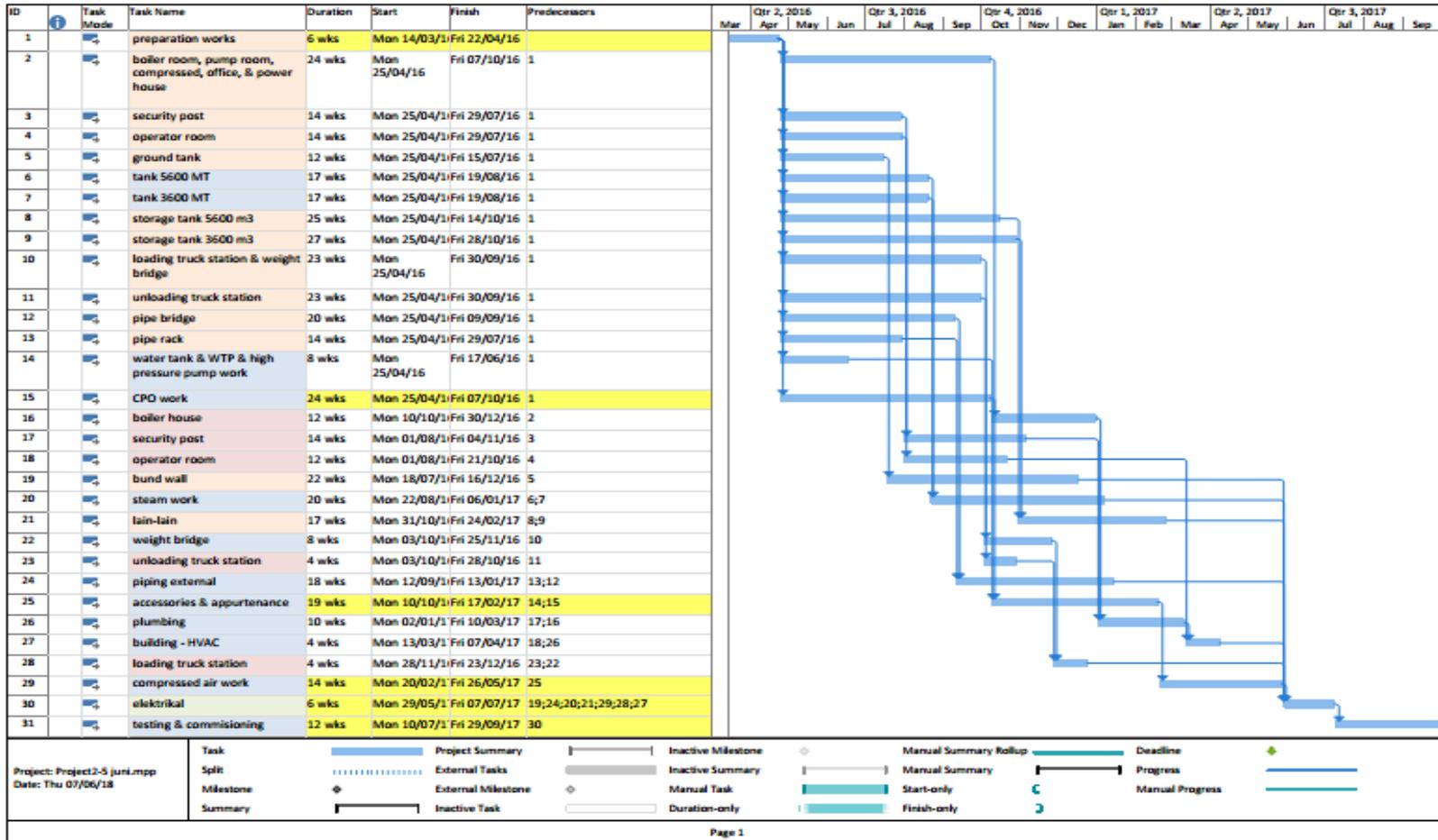


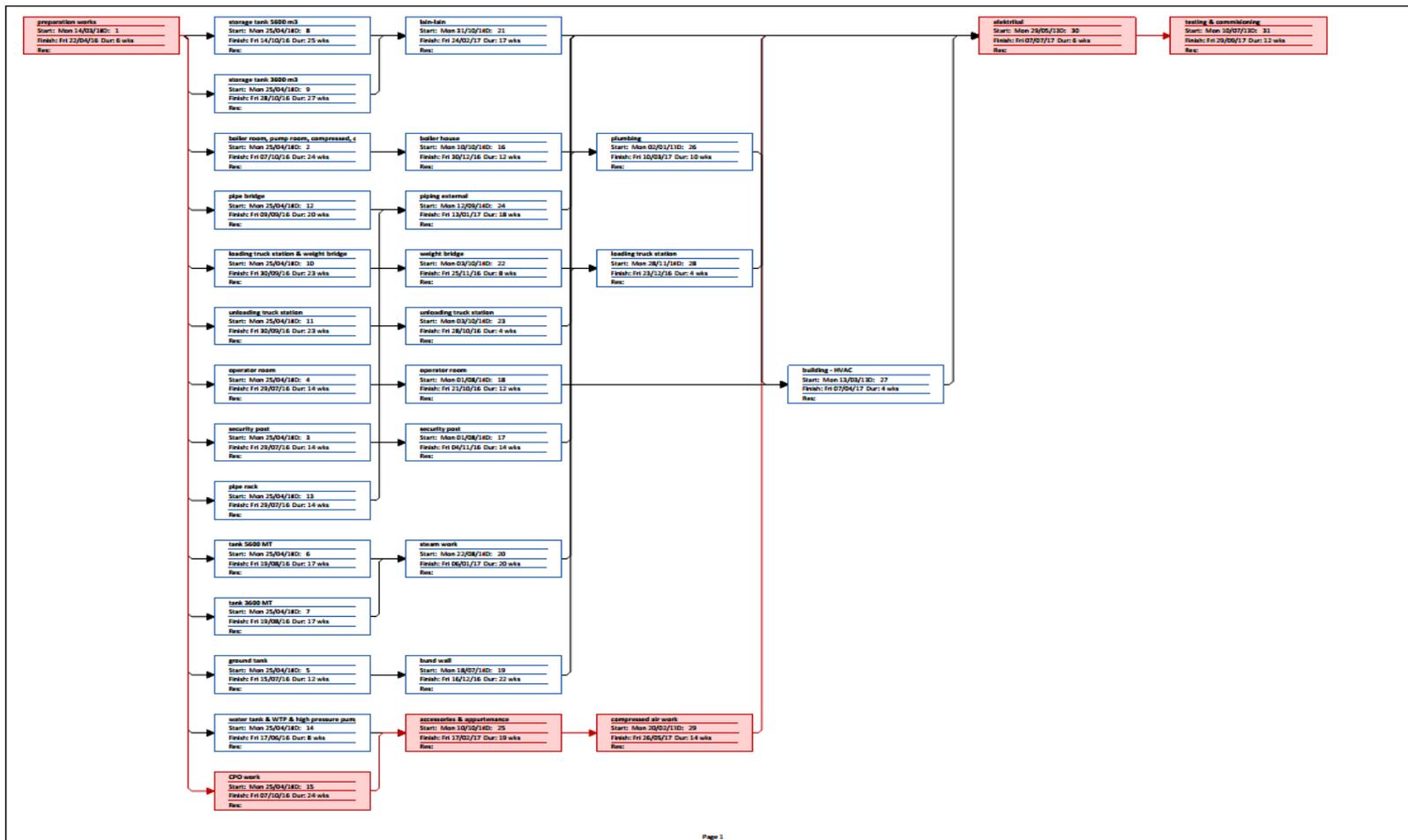
DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

NETWORK DIAGRAM

KONDISI NORMAL

NRP : 4314100008	Signatured	Scale : 1 : 100,00 mm
Drawn by : Nisqon Ramli Mahzani		Size : A3
Checked by : SIMKENA, S.T., M.Sc., Ph.D.		Date:
Approved by: SIMKENA, S.T., M.Sc., Ph.D.		





Crash Duration

lembur 2 jam									
peristiwa	volume	durasi (minggu)	durasi (hari)	produktivitas harian	produktivitas tiap jam	produktivitas harian akibat kerja lembur	produktivitas harian sesudah crash	crash duration (hari)	crash duration (minggu)
preparation works	1.168	6	30	0.03892435	0.004865544	0.00778487	0.046709221	25	5
CPO work	7.208	24	120	0.06006902	0.007508627	0.012013804	0.072082824	100	20
accessories & appurtenance	67.489	19	95	0.710415321	0.088801915	0.142083064	0.852498385	79	16
compressed air work	4.320	14	70	0.061718633	0.007714829	0.012343727	0.074062359	58	12
elektrikal	1.115	6	30	0.037182368	0.004647796	0.007436474	0.044618842	25	5
testing & commisioning	1.000	12	60	0.016666667	0.002083333	0.003333333	0.02	50	10
lembur 3 jam									
peristiwa	volume	durasi (minggu)	durasi (hari)	produktivitas harian	produktivitas tiap jam	produktivitas lembur harian	produktivitas harian sesudah crash	crash duration (hari)	crash duration (minggu)
preparation works	1.168	6	30	0.03892435	0.004865544	0.010217642	0.049141992	24	5
CPO work	7.208	24	120	0.06006902	0.007508627	0.015768118	0.075837138	95	19
accessories & appurtenance	67.489	19	95	0.710415321	0.088801915	0.186484022	0.896899343	75	15
compressed air work	4.320	14	70	0.061718633	0.007714829	0.016201141	0.077919774	55	11
elektrikal	1.115	6	30	0.037182368	0.004647796	0.009760372	0.04694274	24	5
testing & commisioning	1.000	12	60	0.016666667	0.002083333	0.004375	0.021041667	48	10
lembur 4 jam									
peristiwa	volume	durasi (minggu)	durasi (hari)	produktivitas harian	produktivitas tiap jam	produktivitas lembur harian	produktivitas harian sesudah crash	crash duration (hari)	crash duration (minggu)
preparation works	1.168	6	30	0.03892435	0.004865544	0.011677305	0.050601656	23	5
CPO work	7.208	24	120	0.06006902	0.007508627	0.018020706	0.078089726	92	18
accessories & appurtenance	67.489	19	95	0.710415321	0.088801915	0.213124596	0.923539917	73	15
compressed air work	4.320	14	70	0.061718633	0.007714829	0.01851559	0.080234223	54	11
elektrikal	1.115	6	30	0.037182368	0.004647796	0.01115471	0.048337079	23	5
testing & commisioning	1.000	12	60	0.016666667	0.002083333	0.005	0.021666667	46	9

Cost Slope

2 jam lembur												
kegiatan	durasi normal	crash durasi	produktivitas tiap jam	upah normal /jam	upah normal /hari	normal cost	upah lembur	cost upah per hari	cost upah	cost bahan	crash cost	cost slope
preparation works	30	25	0.004865544	Rp 1,135	Rp 9,082.35	Rp 272,470.45	Rp 31,788.22	Rp 32,923.51	Rp 823,087.83	Rp 556,917,500	Rp 557,740,587.83	Rp 111,493,623
CPO work	120	100	0.007508627	Rp 1,752	Rp 14,016.10	Rp 1,681,932.56	Rp 49,056.37	Rp 50,808.38	Rp 5,080,837.94	Rp 4,126,865,302	Rp 4,131,946,139.64	Rp 206,513,210
Accessories & Appurtenance	95	79	0.088801915	Rp 20,720	Rp 165,763.57	Rp 15,747,539.62	Rp 580,172.51	Rp 600,892.96	Rp 47,570,692.59	Rp 1,092,869,901	Rp 1,140,440,593.98	Rp 71,033,246
compressed air work	70	58	0.007714829	Rp 1,800	Rp 14,401.01	Rp 1,008,071.00	Rp 50,403.55	Rp 52,203.68	Rp 3,045,214.48	Rp 1,470,478,477	Rp 1,473,523,691.59	Rp 126,215,625
elektrikal	30	25	0.004647796	Rp 1,084	Rp 8,675.89	Rp 260,276.58	Rp 30,365.60	Rp 31,450.09	Rp 786,252.16	Rp 5,719,052,796	Rp 5,719,839,047.83	Rp 1,143,915,754
testing & commisioning	60	50	0.002083333	Rp 486	Rp 3,888.89	Rp 233,333.33	Rp 13,611.11	Rp 14,097.22	Rp 704,861.11	Rp 136,813,631	Rp 137,518,491.61	Rp 13,728,516
3 jam lembur												
kegiatan	durasi normal	crash durasi	produktivitas tiap jam	upah normal /jam	upah normal /hari	normal cost	upah lembur	cost upah per hari	cost upah	cost bahan	crash cost	cost slope
preparation works	30	24	0.004865544	Rp 1,135	Rp 9,082.35	Rp 272,470.45	Rp 49,952.92	Rp 51,088.21	Rp 1,213,977.27	Rp 556,917,500	Rp 558,131,477.27	Rp 89,434,539
CPO work	120	95	0.007508627	Rp 1,752	Rp 14,016.10	Rp 1,681,932.56	Rp 77,088.58	Rp 78,840.59	Rp 7,493,758.93	Rp 4,126,865,302	Rp 4,134,359,060.63	Rp 165,635,075
Accessories & Appurtenance	95	75	0.088801915	Rp 20,720	Rp 165,763.57	Rp 15,747,539.62	Rp 911,699.66	Rp 932,420.11	Rp 70,162,305.22	Rp 1,092,869,901	Rp 1,163,032,206.61	Rp 58,083,083
compressed air work	70	55	0.007714829	Rp 1,800	Rp 14,401.01	Rp 1,008,071.00	Rp 79,205.58	Rp 81,005.71	Rp 4,491,405.45	Rp 1,470,478,477	Rp 1,474,969,882.56	Rp 101,272,206
elektrikal	30	24	0.004647796	Rp 1,084	Rp 8,675.89	Rp 260,276.58	Rp 47,717.37	Rp 48,801.86	Rp 1,159,648.12	Rp 5,719,052,796	Rp 5,720,212,443.79	Rp 917,008,205
testing & commisioning	60	48	0.002083333	Rp 486	Rp 3,888.89	Rp 233,333.33	Rp 21,388.89	Rp 21,875.00	Rp 1,039,603.96	Rp 136,813,631	Rp 137,853,234.46	Rp 11,031,437
4 jam lembur												
kegiatan	durasi normal	crash durasi	produktivitas tiap jam	upah normal /jam	upah normal /hari	normal cost	upah lembur	cost upah per hari	cost upah	cost bahan	crash cost	cost slope
preparation works	30	23	0.004865544	Rp 1,135	Rp 9,082.35	Rp 272,470.45	Rp 68,117.61	Rp 69,252.91	Rp 1,598,144.00	Rp 556,917,500	Rp 558,515,644.00	Rp 80,635,125
CPO work	120	92	0.007508627	Rp 1,752	Rp 14,016.10	Rp 1,681,932.56	Rp 105,120.78	Rp 119,136.89	Rp 10,997,251.35	Rp 4,126,865,302	Rp 4,137,862,553.05	Rp 149,362,078
Accessories & Appurtenance	95	73	0.088801915	Rp 20,720	Rp 165,763.57	Rp 15,747,539.62	Rp 1,243,226.81	Rp 1,408,990.39	Rp 102,964,682.11	Rp 1,092,869,901	Rp 1,195,834,583.50	Rp 53,828,532
compressed air work	70	54	0.007714829	Rp 1,800	Rp 14,401.01	Rp 1,008,071.00	Rp 108,007.61	Rp 122,408.62	Rp 6,591,233.47	Rp 1,470,478,477	Rp 1,477,069,710.58	Rp 91,375,244
elektrikal	30	23	0.004647796	Rp 1,084	Rp 8,675.89	Rp 260,276.58	Rp 65,069.14	Rp 73,745.03	Rp 1,701,808.39	Rp 5,719,052,796	Rp 5,720,754,604.06	Rp 826,293,625
testing & commisioning	60	46	0.002083333	Rp 486	Rp 3,888.89	Rp 233,333.33	Rp 29,166.67	Rp 33,055.56	Rp 1,525,641.03	Rp 136,813,631	Rp 138,339,271.53	Rp 9,974,618

BIODATA PENULIS



Nadya Rahmi Maharani dilahirkan di Kota Malang, 29 Juni 1996. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Hang Tuah Malang, SD Negeri Kauman I Malang, SMP Negeri 3 Malang, dan SMA Negeri 5 Malang. Kemudian setelah lulus dari SMA pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan Strata-1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama menempuh masa studi selain di bidang akademis, penulis juga aktif di berbagai kegiatan di luar kampus. Penulis memiliki pengalaman melakukan kerja praktek di Divisi Teknik PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) selama 2 bulan. Penulis mengakhiri masa kuliah dengan menulis tugas akhir yang berjudul “Analisa Percepatan Durasi Proyek Pembangunan Storage Tank Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya”. Informasi mengenai Tugas Akhir ini dapat ditujukan ke alamat email nadyaarm@gmail.com