



**Tugas Akhir - MO 1184804**

**ANALISIS JADWAL DAN RISIKO KETERLAMBATAN PROYEK  
*ONSHORE PIPELINE X* DI MELAKA**

**MUHAMAD FARID SAMAD**

**NRP. 04311540000105**

**Dosen pembimbing**

Prof. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M.RINA.

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

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2019**



**FINAL PROJECT - MO 184804**

**SCHEDULE AND RISK ANALYSIS OF PROJECT DELAY ON  
ONSHORE PIPELINE X PROJECT IN MELAKA**

**MUHAMAD FARID SAMAD**

**NRP. 04311540000105**

**SUPERVISOR**

Prof. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M.RINA.

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

**OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT**

**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**

**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

**SURABAYA**

**2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS JADWAL DAN RISIKO KETERLAMBATAN**  
**PROYEK ONSHORE PIPELINE X DI MELAKA**

**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:

Muhamad Farid Samad      NRP. 04311540000105

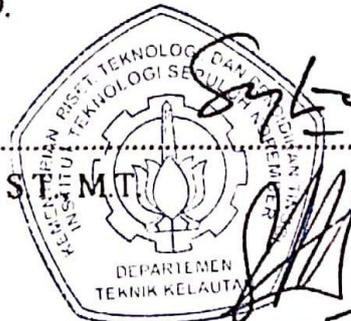
Disetujui oleh:

1. Prof. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M.RINA. (Pembimbing 1)



.....

2. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D. (Pembimbing 2)



3. Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T. (Penguji 1)

.....

4. Raditya Danu, S.T., M.T. (Penguji 2)



.....

SURABAYA, 29 JULI 2019

# **Analisa Jadwal dan Risiko Keterlambatan Proyek *Onshore Pipeline X* di Melaka**

**Nama Mahasiswa : Muhamad Farid Samad**

**NRP : 04311540000105**

**Departemen : Teknik Kelautan – FTK ITS**

**Dosen Pembimbing : Prof. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M.RINA.**

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

## **ABSTRAK**

PT. XXX sebagai perusahaan minyak dan gas ingin melakukan pemasangan sebuah *onshore pipeline X* di Melaka. Pekerjaan proyek terdiri dari pekerjaan *engineering, procurement, construction*, hingga *commissioning* atau bisa disebut proyek EPC. Karena proyek konstruksi memiliki *responsibility* dan kompleksitas yang tinggi, maka dari itu manajemen proyek yang baik sangat dibutuhkan untuk menghindari permasalahan-permasalahan proyek seperti keterlambatan proyek. Keterlambatan proyek bisa disebabkan oleh keterlambatan pada pengerjaan kegiatan-kegiatan kritis yang menyebabkan perpanjangan umur proyek. Namun, perlu adanya identifikasi lebih lanjut dari penyebab yang bisa menyebabkan suatu kegiatan proyek menjadi terlambat. Selain itu, keterlambatan proyek menimbulkan kerugian bagi pihak-pihak yang bersangkutan dalam proyek, contohnya pembengkakan biaya proyek akibat bertambahnya waktu pelaksanaan proyek dan menurunnya kredibilitas kontraktor untuk waktu yang akan datang. Maka dari itu, perlu adanya analisa jadwal dan kegiatan kritis pada proyek serta analisa risiko keterlambatan proyek *onshore pipeline X*. Dari hasil analisa jadwal menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *critical path analysis*, menghasilkan kegiatan-kegiatan kritis yaitu (1) *contract award date*, (2) *engineering kick off meeting*, (3) *mechanical & piping*, (4) *bulk material station*, (5) *precommissioning pipeline*, (6) *hand over document*, dan (7) *initial acceptance*. Sedangkan analisa risiko keterlambatan proyek menggunakan *fault tree analysis* (FTA) menghasilkan probabilitas keterlambatan proyek sebesar 0,097954 dan *event tree analysis* (ETA) menghasilkan probabilitas *output* terkecil

sebesar 0,00610 dan probabilitas *output* terbesar 0,02379 dengan konsekuensi keterlambatan terkecil yaitu tanpa adanya *penalty cost* dan konsekuensi terbesar berupa *penalty cost* sebesar Rp. 7.637.813.839,20.

Kata Kunci : manajemen waktu proyek, manajemen risiko proyek, lintasan kritis, *Precedence Diagram Method* (PDM), *critical path analysis*, *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA).

# **Schedule and Risk Analysis of Project Delay on Onshore Pipeline X Project in Malacca**

**Student's Name : Muhamad Farid Samad**  
**Student's Number : 04311540000105**  
**Major : Teknik Kelautan – FTK ITS**  
**Supervisor : Prof. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M.RINA.**  
**Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.**

## **ABSTRACT**

PT.XXX as an oil and gas company intends to install onshore pipeline X in Malacca. The scope of this project are engineering, procurement, construction, and commissioning or known as EPCC project. Construction project has huge responsibility and complexity. Therefore, a good project management is really necessary to prevent project's concern such as project delay. Project delay could be caused by the delay of critical activities's completion which could extend the project duration. However, there need to do a further identification of project delay's causes. Project delay could cause over run project's cost due to additional cost for extension of project duration and decreasing of company's credibility. The result of the critical path analysis and precedence diagram method are list of critical activities which are (1) contract award date, (2) engineering kick off meeting, (3) mechanical and piping, (4) bulk material station, (5) precommissioning pipeline, (6) hand over document, and (7) initial acceptance. While the result of risk analysis using fault tree analysis (FTA) is the probability of project's delay 0,097945 and event tree analysis (ETA) shows 6 outputs with the smallest probability 0,00610 and the biggest probability 0,02379 with the smallest consequence that the project ends on time without penalty cost and the biggest consequence that company should pay the penalty cost with the amount of Rp. 7.637.813.839,20.

Key Word : time project management, risk project management, critical path, *Precedence Diagram Method (PDM)*, *critical path analysis*, *Fault Tree Analysis (FTA)*, *Event Tree Analysis (ETA)*.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya tugas akhir yang berjudul Analisa Jadwal dan Risiko Keterlambatan Proyek Onshore Pipeline X di Melaka dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas akhir ini membahas lingkup manajemen waktu proyek yang dikhususkan pada analisis jadwal dan manajemen risiko proyek yang dikhususkan pada analisis risiko keterlambatan. Diharapkan dengan diselesaikannya tugas akhir ini, dapat memberikan manfaat dalam lingkup manajemen proyek. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik dari para pembaca sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2019

Muhamad Farid Samad

## UCAPAN TERIMA KASIH

Laporan Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan karena dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya dan selalu melancarkan pengerjaan Tugas Akhir selama satu semester ini.
2. Prof. Daniel M. Rosyid, Ph.D, M.RINA selaku dosen pembimbing satu yang selalu sabar dalam berdiskusi dan memberikan kritik serta saran.
3. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing dua yang selalu sabar dalam berdiskusi dan memberikan kritik serta saran.
4. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali penulis selama 8 semester ini.
5. Nilawaty Regita Sinaga, B.Sc. selaku ibunda dari penulis yang tidak kenal lelah memberikan dukungan moral serta do'a selama masa perkuliahan 8 semester ini.
6. Yuni Asril Sani, S.Si, M.T. , selaku kakak pertama dari penulis yang telah membantu finansial semasa perkuliahan dan membantu penulis dalam berdiskusi dan menyebarkan kuisioner dalam Tugas Akhir ini.
7. Firmansyah Samad, S.Kel., Fadli Samad, Audita, dan Khaylila selaku keluarga yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan bangku perkuliahan.
8. Muhammad Rizki Rinaldi, S.T. dan Agus Wardiman, S.T., M.T. yang telah membantu dalam mengisi kuisioner serta berdiskusi dalam Tugas Akhir ini.
9. Mega Erichma dan Regita Lukita selaku sahabat penulis sejak SMP yang selalu memberikan semangat selama masa perkuliahan.
10. Noviana Annisa, Clarisa Wardhana, Anindya Silva, Fina Nafisah, Nadya Risma, dan Eka Nurwati selaku sahabat PMR sejak masa SMA yang selalu memberikan dukungan semasa perkuliahan.
11. Destiana Faradiva, Dhea Shavira, Zalfa Zhafirah, dan Putu Risa selaku sahabat sejak SMA yang selalu mendukung semasa perkuliahan.
12. Fajar Adi, Ricky, Bagas, Fakhri, dan Dias sebagai rekan olahraga dan rekan mengisi waktu luang dimasa perkuliahan.

13. Karen Padaga, Niken Saraswati, Dwi Lestari, Nabila Annisa, Ester Haloho selaku kakak tingkat 2014 yang selalu memberikan masukan selama masa perkuliahan.
14. Nadira Ifti Raisya dan Cindy Yumm (Trio Visual Kelautan) selaku sahabat penulis yang selalu menghibur, mengisi waktu luang pada masa perkuliahan dan membantu penulis berkembang.
15. Intan Dwi Amalia, Mora Afra, Feby Aulia, Carolina Betani, Emanuella Ginting, M. Naufal (Artemis) selaku sahabat yang selalu menghibur penulis.
16. Endah Setyaningrum selaku sahabat seperjuangan Tugas Akhir dari awal proposal hingga laporan akhir.
17. Natasha Keniraras selaku adik tingkat 2016 yang selalu memberikan pelajaran kehidupan, sebagai tempat berdiskusi akan semua hal, dan membantu penulis berkembang sesuai *passion* penulis.
18. Nabila Defriana, Nur Azizah, Davina Wildansyah, Bella Clarensia selaku adik tingkat 2017 yang selalu memberikan semangat pada saat mengerjakan Tugas Akhir.
19. Charis Chrisna selaku adik tingkat 2018 sebagai rekan pengisi waktu luang dan memberikan dukungan saat pengerjaan Tugas Akhir.
20. Raka Krisna, Aldo Mirza, Bayu Satria, Raudhiatul Ridwan, Hilmy Octavian, dan Farhan Fauzi sebagai rekan pengisi waktu luang penulis yang telah memberikan pelajaran hidup bagi penulis.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Batasan Masalah.....	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	9
2.1 Tinjauan Pustaka .....	9
2.2 Dasar Teori .....	12
2.2.1 Manajemen Proyek .....	12
2.2.2 Manajemen Waktu Proyek.....	14
2.2.2 Penjadwalan Proyek.....	14
2.2.3 Keterlambatan Proyek.....	15
2.2.4 <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM).....	16
2.2.5 <i>Critical Path</i> .....	17
2.2.7 Risiko.....	19
2.2.8 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	20
2.2.9 <i>Event Tree Analysis</i> (ETA).....	21
2.2.10 <i>Oracle Primavera 6.0</i> .....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian .....	26

3.2.1 Latar Belakang dan Perumusan Masalah.....	27
3.2.2 Studi Literatur .....	27
3.2.3 Pengumpulan Data.....	27
3.2.4 Membuat <i>Network Diagram</i> dengan <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM) .....	27
3.2.5 Menentukan Lintasan Kritis dan Durasi Proyek.....	28
3.2.6 Identifikasi Objek (FTA) dan (ETA).....	28
3.2.7 Menentukan <i>Top Event</i> FTA dan <i>Initiating Event</i> ETA.....	28
3.2.8 Menentukan <i>Basic Event</i> FTA dan <i>Pivotal Event</i> ETA.....	28
3.2.9 <i>Input Probability Fault Tree Analysis</i> (FTA) dan <i>Event Tree Analysis</i> (ETA).....	29
3.2.10 Evaluasi <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) dan <i>Event Tree Analysis</i> (ETA).....	29
3.2.11 Kesimpulan dan Saran .....	29
3.3. Rencana Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir .....	29
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Data Kegiatan, Durasi, dan Hubungan antar Kegiatan Proyek ( <i>Predecessor</i> ).31	
4.2 Input Data dengan Primavera P6.....	34
4.2.1 <i>Input Data</i> .....	34
4.2.2 Hasil <i>Output</i> Primavera P6 .....	36
4.3. Analisis Data dengan Critical Path Analysis.....	36
4.3.1 Perhitungan <i>Forward Pass</i> .....	36
4.3.2 Perhitungan <i>Backward Pass</i> .....	41
4.3.3 Perhitungan <i>Float</i> .....	48
4.3.4 Penentuan Critical Path.....	51
4.4 Analisa Fault Tree dan Event Tree .....	52
4.4.1 Menentukan <i>Top Event</i> pada FTA dan <i>Initiating Event</i> ETA .....	52
4.4.2 Menentukan <i>Basic Event</i> pada FTA .....	53
4.4.3 Menentukan <i>Pivotal Event</i> pada ETA .....	58
4.4.4 Input Probabilitas <i>Basic Event</i> FTA .....	60
4.4.5 Input Probabilitas <i>Pivotal Event</i> ETA .....	76
4.4.6 Konsekuensi Output Event Tree Analysis pada Risk Matrix .....	83
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>87</b>
5.1 Kesimpulan.....	87
5.2 Saran.....	90

DAFTAR PUSTAKA .....	91
LAMPIRAN.....	93
BIODATA PENULIS .....	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Melaka (Malaysia), Taboh Naning, dan Kuala Sungai Baru .....	2
Gambar 1. 2 Lokasi Pemasangan <i>Onshore Pipeline X</i> .....	2
Gambar 1. 3 Gambaran Umum Proyek <i>Onshore Pipeline X</i> NPS 28 .....	3
Gambar 2. 1Segitiga Proyek .....	13
Gambar 2. 2 <i>Precedence Diagram</i> .....	16
Gambar 2. 3 Contoh <i>Fault Tree Diagram</i> .....	21
Gambar 2. 4 <i>Event Tree Diagram</i> .....	22
Gambar 2. 5 Tampilan <i>Oracle Primavera 6.0</i> .....	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 4. 1 Input Data Kegiatan dan Durasi Proyek pada Primavera P6 .....	34
Gambar 4. 2 Pengiputan Data <i>Predecessor</i> pada Primavera P6 .....	35
Gambar 4. 3 Gantt Chart Primavera P6 .....	36
Gambar 4. 4 Kegiatan Kritis pada <i>Onshore Pipeline X</i> .....	52
Gambar 4. 5 <i>Top Event</i> Keterlambatan Proyek <i>Onshore Pipeline X</i> .....	60
Gambar 4. 6 Tahap <i>Preliminary</i> Mengalami Gangguan .....	61
Gambar 4. 7 Tahap <i>Engineering</i> Mengalami Gangguan .....	61
Gambar 4. 8 Tahap <i>Procurement</i> Mengalami Gangguan .....	62
Gambar 4. 9 Tahap <i>Construction</i> Mengalami Gangguan .....	63
Gambar 4. 10 Masalah dalam peralatan.....	63
Gambar 4. 11 Masalah dalam Tenaga Kerja.....	64
Gambar 4. 12 Terjadi Kecelakaan dalam Proses Konstruksi.....	64
Gambar 4. 13 Terjadi Kesalahan dalam Proses Konstruksi.....	65
Gambar 4. 14 Tahap <i>Commissioning</i> Mengalami Gangguan .....	65
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Probabilitas <i>Intermediate Event</i> .....	76
Gambar 4. 16 Diagram <i>Event Tree Analysis</i> Proyek <i>Onshore Pipeline X</i> .....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Spesifikasi <i>Onshore Pipeline X</i> .....	1
Tabel 1. 2 Ringkasan Kemajuan Proyek <i>Onshore Pipeline X</i> Melaka pada bulan ke-8 .....	6
Tabel 4. 1 Data Kegiatan, Durasi, dan <i>Predecessor</i> Proyek .....	31
Tabel 4. 2 Perhitungan <i>Early Start</i> (ES) dan <i>Early Finish</i> (EF) .....	37
Tabel 4. 3 Perhitungan <i>Backward Pass</i> .....	42
Tabel 4. 4 Perhitungan <i>Float</i> pada Kegiatan Proyek .....	48
Tabel 4. 5 Kegiatan Kritis pada <i>Onshore Pipeline X</i> .....	51
Tabel 4. 6 <i>Basic Event</i> FTA dan Sumber Literatur .....	53
Tabel 4. 7 <i>Intermediate Event</i> dan <i>Basic Event</i> FTA.....	56
Tabel 4. 8 <i>Pivotal Event</i> ETA .....	59
Tabel 4. 9 Data Responden Kuisisioner <i>Basic Event</i> .....	66
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Hasil Kuisisioner <i>Basic Event</i> FTA.....	66
Tabel 4. 11 <i>Frequency Index</i> .....	69
Tabel 4. 12 Probabilitas <i>Basic Event</i> .....	69
Tabel 4. 13 <i>Minimal Cut Set</i> pada Tahap <i>Preliminary</i> Mengalami Gangguan .....	72
Tabel 4. 14 <i>Minimal Cut Set</i> pada Tahap <i>Engineering</i> Mengalami Gangguan .....	73
Tabel 4. 15 <i>Minimal Cut Set</i> pada Tahap <i>Procurement</i> Mengalami Gangguan .....	73
Tabel 4. 16 <i>Minimal Cut Set</i> pada Tahap <i>Construction</i> Mengalami Gangguan .....	74
Tabel 4. 17 <i>Minimal Cut Set</i> pada Tahap <i>Commissioning</i> Mengalami Gangguan ....	75
Tabel 4. 18 Probabilitas <i>Top Event</i> .....	76
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Hasil Kuisisioner Probabilitas <i>Pivotal Event</i> .....	77
Tabel 4. 20 Ringkasan Masing-masing <i>Output</i> ETA.....	83
Tabel 4. 21 <i>Frequency Index</i> .....	84
Tabel 4. 22 <i>Severity Index</i> .....	84
Tabel 4. 23 <i>Risk Matrix</i> .....	85
Tabel 4. 24 Risiko Keterlambatan Proyek <i>Onshore Pipeline X</i> di Melaka.....	85
Tabel 4. 25 Hasil <i>Output</i> ETA pada <i>Risk Matrix</i> .....	86

# BAB I

## PENDAHULUAN

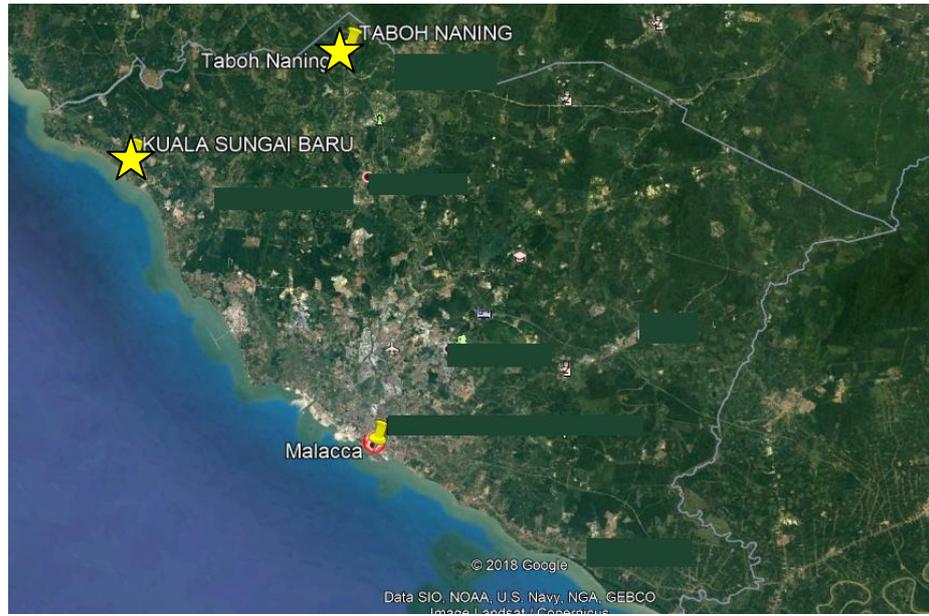
### 1.1 Latar Belakang Masalah

PT.XXX ingin melakukan pemasangan *onshore pipeline* X NPS 28 sepanjang 22 km dari Taboh Naning ke Kuala Sungai Baru, Melaka. Pekerjaan proyek pemasangan *pipeline* ini terdiri dari pekerjaan *engineering, procurement, construction*, hingga *commissioning* atau bisa disebut dengan proyek EPCC. *Pipeline* akan dipasang bersampingan dengan *pipeline* NPS 18 yang telah ada sebelumnya dengan jarak 20 m. Dibawah ini merupakan data spesifikasi dari *pipeline* X yang tertera pada tabel 1.1 :

Tabel 1. 1 Data Spesifikasi *Onshore Pipeline* X

<i>Outside Diameter (OD)</i>	28 inch
<i>Wall Thickness</i>	8,74 mm
<i>Reference</i>	API 5L 45 <sup>th</sup> Edition
<i>Steel Grade</i>	X70
<i>Length</i>	12 m
<i>Fluid</i>	<i>Natural Gas</i>
<i>Base Pressure</i>	101,325 kPa
<i>Base Temperature</i>	15° C

Gambar 1.1 di bawah merupakan peta lokasi instalasi *onshore pipeline X* di Melaka. *Pipeline* akan dipasang dari Taboh Naning sampai ke Kuala Sungai Baru. Pada gambar 1.2 merupakan salah satu tahapan *site clearing & grading* dimana dilakukan pemerataan dan pembersihan lahan yang menjadi jalur pipa dari semua *obstacle* yang menghalangi proses instalasi *pipeline* seperti pohon, pagar, dll.



Gambar 1.1 Peta Melaka (Malaysia), Taboh Naning, dan Kuala Sungai Baru

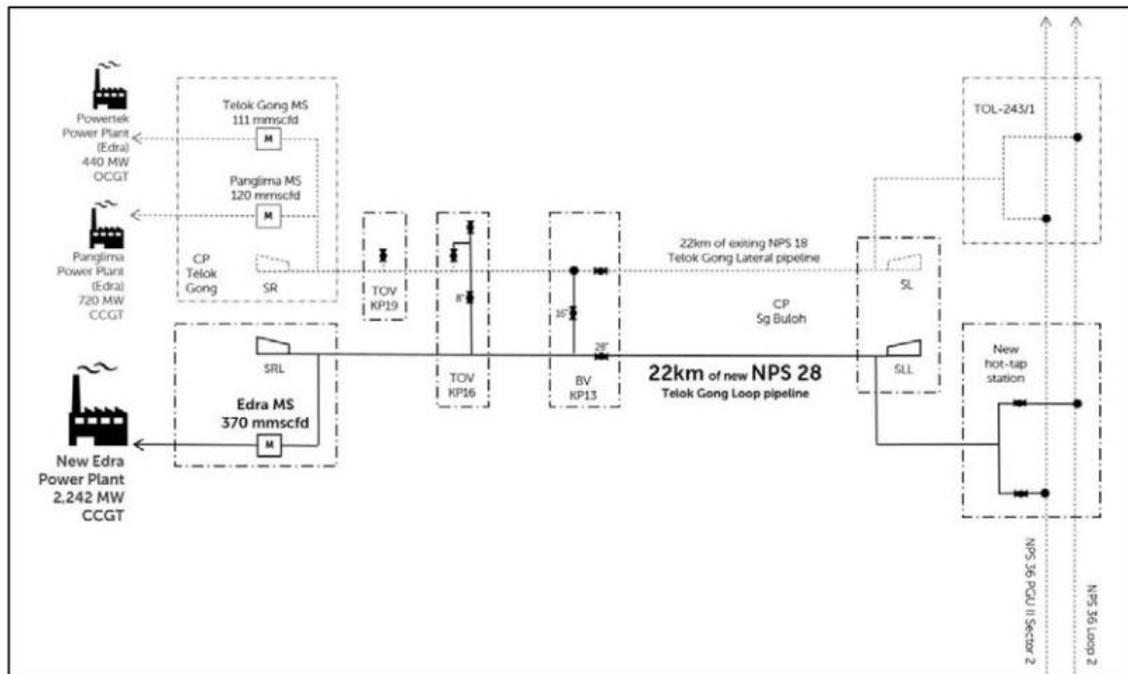
Sumber : *google earth*



Gambar 1. 2 Lokasi Pemasangan *Onshore Pipeline X*

Sumber : dokumentasi PT.XXX

Proyek *onshore pipeline X* akan dipasang dengan melakukan teknik *hot-tap* pada ujung awal *pipeline*. *Pipeline* akan dipasang untuk keperluan transport gas alam ke *New Edra Power Plant* yang direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2021. Berikut gambaran proyek pemasangan *onshore pipeline X* NPS 28 seperti pada gambar 1.3 :



Gambar 1. 3 Gambaran Umum Proyek *Onshore Pipeline X* NPS 28

Sumber : PT.XXX

Pelaksanaan pekerjaan suatu proyek harus didukung dengan suatu manajemen proyek yang baik. Ketidakadaan manajemen proyek akan membawa kekacauan, objektif yang tidak jelas, perencanaan yang tidak realistis, risiko tinggi, kualitas proyek yang buruk, biaya proyek yang melebihi anggaran, dan keterlambatan penyelesaian proyek. Manajemen proyek dapat dibagi kembali seperti manajemen waktu proyek, manajemen sumber daya manusia proyek, dan manajemen risiko proyek (PMBOK, 2008).

Tantangan utama sebuah proyek adalah mencapai sasaran-sasaran dan tujuan proyek dengan batasan-batasan yang pada umumnya adalah kualitas, waktu pekerjaan, dan anggaran pekerjaan. Waktu proyek berkaitan erat dengan jadwal (*schedule*) proyek. Jadwal proyek harus direncanakan dengan baik agar terhindar dari kesalahpahaman dalam pelaksanaan proyek. Dalam hal ini, maka diperlukan penjadwalan yang logis (Rezky, 2018) serta diperlukan adanya estimasi durasi waktu

pelaksanaan proyek (Sutedjo, 2016). Pada kenyataannya, di lapangan sering kali waktu pekerjaan tidak dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang direncanakan. Beberapa contoh hal yang menyebabkan penundaan (*delay*) pada proyek adalah kondisi cuaca yang tidak mendukung, keterlambatan pengadaan (*procurement*), adanya kesalahan atau perubahan pada perencanaan, kurangnya pengawasan terhadap para pekerja sehingga terjadi kesalahan-kesalahan oleh pekerja, atau adanya peraturan-peraturan pemerintah lainnya (Barihazim, 2018).

Secara umum, keterlambatan proyek sering terjadi karena adanya perubahan perencanaan selama proses pelaksanaan, manajerial yang buruk dalam organisasi kontraktor, rencana kerja yang tidak tersusun dengan baik/terpadu, gambar dan spesifikasi yang tidak lengkap, ataupun kegagalan kontraktor dalam melaksanakan pekerjaan (Proboyo, 1999). Beberapa hal lain juga yang dapat menyebabkan keterlambatan antara lain akibat terjadinya perbedaan kondisi lokal, perubahan desain, pengaruh cuaca, kurang terpenuhinya kebutuhan pekerja, keterlambatan material yang datang, dan kesalahan ataupun perubahan perencanaan, (Azizah, 2016). Menurut (Mohammed & Suliman, 2019), keterlambatan dalam proyek konstruksi *pipeline* pada industri minyak dan gas yang terkait dengan jadwal merupakan sebuah tantangan besar pada industri minyak dan gas. Selain jadwal, faktor seperti buruknya kemampuan manajerial, pemilihan keputusan yang lama, kurangnya komunikasi dengan *client*, konsultan, dan kotnraktor, tim *design* yang kurang memadai, dan terlambatnya persiapan *drawing* dalam proyek dianggap mempengaruhi dalam terlambatnya penyelesaian proyek konstruksi *pipeline*.

Keterlambatan pelaksanaan proyek pada umumnya selalu menimbulkan akibat yang merugikan baik bagi pemilik maupun kontraktor, karena dampak keterlambatan adalah konflik dan perdebatan tentang apa dan siapa yang menjadi penyebab, juga tuntutan waktu, dan biaya tambah (Proboyo, 1999). Selain itu, keterlambatan dapat menimbulkan berbagai bentuk kerugian bagi kontraktor dan pemilik. Bagi kontraktor, keterlambatan selain dapat menyebabkan pembengkakan biaya proyek akibat bertambahnya waktu pelaksanaan proyek, dapat pula mengakibatkan menurunnya kredibilitas kontraktor untuk waktu yang akan datang. Sedangkan bagi pemilik, keterlambatan penggunaan atau pengoperasian hasil proyek konstruksi berpotensi menyebabkan timbulnya perselisihan antara pemilik dan kontraktor (Rafli, 2016).

Salah satu penyebab keterlambatan proyek itu karena terjadi keterlambatan pada kegiatan kritisnya, secara otomatis durasi proyek pun menjadi lebih lama. Namun, perlu diidentifikasi kembali apa yang menyebabkan suatu kegiatan proyek menjadi terlambat. Proyek konstruksi merupakan suatu bidang yang dinamis dan mengandung risiko. Risiko dapat memberikan pengaruh terhadap produktivitas, kualitas, waktu, dan batasan biaya dari proyek (Rafli, 2016). Biasanya, manajemen proyek berkonsentrasi pada masalah jadwal dan biaya. Bagaimana melaksanakan proyek sesuai jadwal dan biaya yang direncanakan adalah fokus dari manajemen proyek. Namun sejak pertengahan 1980, perusahaan mulai menyadari perlunya kebutuhan mengintegrasikan risiko teknis ke dalam risiko jadwal dan biaya. Proses manajemen risiko dikembangkan dan diimplementasikan sehingga informasi mengenai risiko tersedia bagi pengambil keputusan kunci. Manajemen risiko sangat penting pada kondisi dimana ada taruhan yang besar dan ketidakpastian tinggi. Menurut (Silva & Crispim, 2014), proses dari manajemen risiko dalam proyek adalah suatu rantai akal yang dilakukan dalam rangka menjaga pelaksanaan proyek tetap dalam kondisi yang baik (waktu, biaya, dan kualitas). Sektor proyek konstruksi merupakan sektor yang memiliki *responsibility* dan kompleksitas yang tinggi. Proses manajemen risiko proyek dimulai dengan mengidentifikasi, menganalisa, dan mengevaluasi risiko-risiko yang terdapat dalam proyek.

Proyek *onshore pipeline* X di Melaka ini direncanakan dimulai dari tanggal 30 Maret 2018 hingga 30 April 2020. Jika dilihat dari tabel 1.2, kemajuan pengerjaan proyek *onshore pipeline* X di Melaka pada bulan ke-8 menunjukkan indikasi-indikasi keterlambatan. Indikasi keterlambatan nampak pada bagian *preliminaries* (persiapan), terjadi keterlambatan dengan bobot sebesar 1,0% yang dimana direncanakan pada bulan ke-8 pencapaiannya adalah sebesar 1,1%. Pada bagian *engineering* juga nampak keterlambatan pada bulan sebelumnya yang dimana pencapaian yang direncanakan sebesar 5% namun pada kenyataannya direalisasikan 4,45% dan pada tahap *construction* yang direncanakan sebesar 3,5% namun direalisasikan sebesar 2,13%.

Tabel 1. 2 Ringkasan Kemajuan Proyek *Onshore Pipeline X* Melaka pada bulan ke-8

No.	Description	Wtg (%)	Previous		This Month		Cumulative		Variance (%)
			Plan (%)	Actual (%)	Plan (%)	Actual (%)	Plan (%)	Actual (%)	
1	Preliminaries	11.00	9.90	9.90	1.10	0.10	11.00	10.00	-1.00
2	Engineering	5.00	5.00	4.45	0.00	0.31	5.00	4.76	-0.24
3	Procurement	25.00	7.80	10.00	1.20	3.95	9.00	13.95	4.95
4	Construction	50.00	6.12	10.40	3.50	2.13	9.62	12.54	2.92
5	Mechanical Completion	3.00	-	-	-	-	-	-	-
6	Gas In	2.00	-	-	-	-	-	-	-
7	Final Document	2.00	-	-	-	-	-	-	-
8	Initial Acceptance	2.00	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>28.82</b>	<b>34.75</b>	<b>5.80</b>	<b>6.50</b>	<b>34.62</b>	<b>41.25</b>	<b>6.64</b>

Sesuai dengan kontrak kerja proyek *onshore pipeline X* yang telah disetujui antara perusahaan kontraktor dan *owner*, dinyatakan bahwa apabila terjadi keterlambatan dalam pengerjaan proyek maka perusahaan kontraktor wajib menanggung semua biaya dan risiko dari keterlambatan proyek. Selain itu, perusahaan kontraktor diwajibkan untuk membayar *penalty* terhadap keterlambatan sebesar 0,1% dari harga kontrak proyek (22.223.879 RM = Rp. 76.378.138.392,04) maksimum hingga 10% dari harga kontrak proyek.

Dengan didukung alasan-alasan di atas, maka dari itu penting untuk dilakukan penelitian yang membahas terkait keterlambatan proyek. Pada penelitian ini akan dibahas manajemen waktu proyek dan manajemen risiko proyek dimana manajemen waktu proyek difokuskan dalam analisa jadwal proyek beserta penentuan kegiatan-kegiatan kritis yang bisa mempengaruhi keterlambatan proyek dan manajemen risiko proyek difokuskan dalam analisa risiko untuk mengetahui penyebab apa saja yang bisa menyebabkan keterlambatan serta berapa besar risiko keterlambatan proyek.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang akan dijadikan penelitian yaitu :

1. Bagaimana membuat *network diagram* dari proyek *onshore pipeline X*?

2. Kegiatan apa saja yang termasuk ke dalam lintasan kritis pada proyek *onshore pipeline X*?
3. Berapa besar risiko keterlambatan proyek *onshore pipeline X*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka didapatkan tujuan penelitian yaitu :

1. Mengetahui pembuatan *network diagram* dari proyek *onshore pipeline X*.
2. Mengetahui kegiatan apa saja yang termasuk ke dalam lintasan kritis pada proyek *onshore pipeline X*.
3. Mengetahui besar risiko keterlambatan proyek *onshore pipeline X*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang akan didapat untuk penulis adalah menambah pengetahuan dan pengalaman dari hasil analisis waktu dan risiko proyek. Selain itu, diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan kepada perusahaan kontraktor dalam perencanaan jadwal proyek dan manajemen risiko proyek. Dan yang terakhir, diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi dan pengetahuan kepada pembaca khususnya dalam bidang manajemen waktu proyek dan manajemen risiko proyek.

### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Pekerjaan yang dijadwalkan dimulai dari pekerjaan *engineering, procurement, construction*, dan *commissioning*.
2. Diasumsikan dalam penelitian tidak terjadi perubahan detail proyek.
3. Dampak dari risiko keterlambatan yang terjadi hanya berupa biaya *penalty* yang sesuai dengan kontrak.
4. Tidak terjadi inflasi hingga proyek berakhir.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Bab I Pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika

penulisan dari tugas akhir. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang mendukung dalam proyek *onshore pipeline X*. Bab III Metodologi Penelitian menjelaskan tentang langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir yang direpresentasikan dengan diagram alir (*flow chart*). Tahapan-tahapan pengerjaan dimulai dari pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, dan yang terakhir pemberian kesimpulan dan saran. Bab IV Analisis Data dan Pembahasan menjelaskan tentang data yang diperoleh, pengolahan data, dan analisis data yang diawali dengan penentuan durasi proyek, penentuan lintasan kritis dalam proyek, dan penilaian risiko yang menyebabkan proyek terlambat. Bab IV Kesimpulan dan Saran menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan beserta pemberian saran untuk pihak perusahaan dan penelitian selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian yang berjudul “*Exploring Delays in Victoria Based in Astralian Pipeline Projects*” menyatakan bahwa salah satu kekhawatiran dalam proyek *pipeline* adalah keterlambatan penyelesaian proyek karena kompleksitas dari proyek. Karena keterlambatan dari penyelesaian proyek dapat membawa pada *time/cost overrun* yang serius. Dari penelitian didapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi dalam keterlambatan proyek yaitu perubahan desain, kurangnya komunikasi dan koordinasi, keterlambatan pengiriman material proyek, cuaca yang buruk, buruknya manajemen dan pengawasan proyek, pengulangan pekerjaan konstruksi, dan perencanaan dan penjadwalan yang tidak efektif (Orangi, et al., 2011).

Amalida dkk (2012) melakukan penelitian mengenai Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo Town Square Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis*. Menurut penulis, setiap proyek konstruksi pada umumnya mempunyai rencana pelaksanaan dan jadwal pelaksanaan tertentu. Diharapkan dalam pelaksanaannya tidak terjadi keterlambatan karena dapat mengakibatkan meningkatnya biaya proyek. Namun, dalam pelaksanaannya proyek pembangunan Sidoarjo Town Square mengalami keterlambatan. Didapatkan bahwa pekerjaan yang mengalami keterlambatan yaitu pekerjaan struktur, pekerjaan *finishing*, dan pekerjaan atap. Berdasarkan hasil analisa FTA, didapatkan bahwa keterlambatan terjadi dikarenakan perubahan desain dan perijinan. Namun pada penelitian ini, hanya menunjukkan penyebab keterlambatannya saja tanpa *probability* dari tiap penyebab dan *top event*.

Proyek konstruksi *pipeline* memiliki *responsibility* dan tingkat kompleksitas yang tinggi, dimana perlu adanya manajemen proyek yang baik contohnya manajemen risiko proyek (Silva & Crispim, 2014). Silva & Crispim melakukan *review* literatur sejumlah 93 literatur dan dari literatur tersebut hanya memfokuskan pada identifikasi risikonya saja. Praktik manajemen risiko proyek perlu diaplikasikan karena manajemen risiko proyek menyediakan proses yang sistematis yang

mengarah ke identifikasi dan mengelola risiko untuk melakukan tindakan apabila risiko itu muncul, meningkatkan *project controlling*, meningkatkan peluang keberhasilan proyek, meningkatkan komunikasi antara partisipan proyek, dan memfasilitasi dalam membuat keputusan. (Peixoto dkk, 2014).

Renaldi (2014) melakukan penelitian mengenai Analisa Risiko Keterlambatan Proyek Pembangunan Tangki X di TTU-Tuban. Berdasarkan data ketepatan waktu, penyelesaian proyek setiap tahunnya mengalami penurunan. Identifikasi risiko menghasilkan 39 variabel risiko yang dapat mempengaruhi keterlambatan proyek. Setelah itu dilakukan pembuatan peta risiko dan pengelompokan risiko yang menghasilkan 6 risiko ekstrim, 11 risiko tinggi, dan 22 risiko rendah. Setelah dilakukan simulai *monte carlo*, dihasilkan estimasi keterlambatan selama 16 bulan.

Alasan (2014) melakukan penelitian mengenai Faktor-Faktor Risiko pada Tahap Eksekusi Proyek di Konstruksi EPC yang Berpengaruh kepada Kinerja Waktu. Pada penelitian ini, penulis membahas tentang faktor-faktor risiko di tahap pelaksanaan konstruksi yang berpengaruh kepada kinerja waktu pelaksanaan proyek. Penelitian dilakukan melalui pembagian kuisioner dan menghasilkan 10 besar faktor penyebab perubahan waktu pengerjaan yaitu angka ketidakhadiran, manajemen dan pengawasan yang buruk, penundaan yang disebabkan oleh subkontraktor, karakteristik bangunan sekita lokasi proyek, gambar yang tidak lengkap, kekurangan tenaga kerja, peningkatan *scope* pekerjaan, ketersediaan peralatan, jadwal kerja subkontraktor, dan kecelakaan kerja.

Kurniawan (2015) melakukan penelitian mengenai Studi Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Kargo dengan Metode Bow Tie Analysis. Dalam penelitian ini, dilakukan penggabungan dua metode antara *Fault Tree Analysis* (FTA) yang mengidentifikasi penyebab dari suatu risiko yang terjadi dan *Event Tree Analysis* (ETA) yang menjelaskan dampak apa saja yang akan terjadi bila suatu risiko terjadi. Pada akhirnya, pengaplikasian *bow tie analysis* menunjukan penyebab, dampak, serta *barier* yang merupakan bentuk *prevention* dari penyebab dan *mitigation* dari suatu dampak. Didapatkan hasil total peluang kejadian *top event* keterlambatan proyek konstruksi kapal kargo terjadi sebesar 0,0935.

Abdul dkk (2016) melakukan penelitian mengenai Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan *Progress* Terkait dengan Manajemen Waktu. Penulis pertama-

pertama menentukan jenis pekerjaan yang masuk ke dalam lintasan kritis (*critical path*) sesuai dengan *network planning* seperti pekerjaan persiapan, pemasangan lantai, pekerjaan keramik, pekerjaan cat. Selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab keterlambatan *progress* dengan pengumpulan data berupa kuisioner dalam kurun waktu 2 minggu. Penulis mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan *progress* pada proyek. Dihasilkan empat faktor utama penyebab keterlambatan proyek yaitu faktor keterlambatan pengiriman bahan, kesalahan desain oleh perencana, produktivitas tenaga kerja yang rendah, dan ketidaktepatan waktu pemesanan pada barang.

Rafli (2016) melakukan penelitian mengenai Analisis Manajemen Waktu dengan *Precedence Diagram Method* (PDM). Dalam penelitian ini, dilakukan penjadwalan dengan *precedence diagramming* karena metode tersebut dapat mengaplikasikan 4 konstrain seperti *start to start*, *start to finish*, *finish to finish*, dan *finish to start*. Metode PDM ini cocok untuk dilakukan proyek yang memiliki kegiatan tumpang tindih (*overlapping*).

Redana (2016) melakukan penelitian mengenai Analisa Keterlambatan pada Proyek Pembangunan *Jacket Structure*. Pada penelitian ini, penulis merasa perlu adanya cara atau metode sistematis untuk mengatasi masalah keterlambatan proyek. Penelitian ini menganalisa faktor penyebab keterlambatan proyek menggunakan metode *fault tree analysis*. Didapatkan hasil dari total peluang kejadian *top event* pada keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* sebesar 0,1037.

Rohmah (2017) melakukan penelitian mengenai Analisis Faktor Penyebab Kegagalan Proses *Requirement Engineering* pada Pengembangan Perangkat Lunak. Kegagalan proses *requirement engineering* dapat dihindari dengan mengetahui faktor-faktor mendasar yang menjadi penyebab kegagalan proses tersebut. Pada penelitian ini, digunakan metode *fault tree analysis* dan didapatkan 51 faktor yang menyebabkan kegagalan dan yang paling berpengaruh adalah faktor pihak *client* yang tidak menyampaikan kebutuhan di awal.

Wirawan (2017) melakukan penelitian mengenai Penerapan Metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dan *Critical Path Method* (CPM) pada Penjadwalan Proyek Perbaikan Kapal. Dalam penelitian ini, *network diagramming* dilakukan menggunakan *Activity on Arrow* (AOA) dimana berlaku kegiatan semu

(*dummy activity*) jika terdapat kegiatan yang tumpang tindih. Apabila metode ini digunakan dengan proyek yang memiliki banyak kegiatan tumpang tindih (*overlapping*) maka akan terlalu banyak kegiatan semu yang dihasilkan dari *network diagramming* yang menyebabkan kesulitan dalam pemahaman *network diagram*.

Gebrehiwet (2017) melakukan penelitian mengenai keterlambatan pada proyek konstruksi. Dari hasil analisis dengan 77 responden kuisisioner, didapatkan 10 faktor keterlambatan proyek konstruksi yang paling berpengaruh yaitu terjadinya korupsi, kurangnya utilitas (air, listrik), terjadinya inflasi, kualitas material yang rendah, keterlambatan dalam proses *engineering*, material datang terlambat, terlambat dalam menyetujui dokumen proyek, buruknya manajemen dan pengawasan proyek, dana proyek terlambat turun, dan perencanaan dan penjadwalan proyek yang tidak efektif.

Suatu pelaksanaan proyek tidak dapat lepas dari perencanaan jadwal (*scheduling*). Dengan penjadwalan, bisa didapatkan umur atau durasi proyek. Namun pada kenyataannya, sering kali durasi proyek yang telah ditentukan tidak dapat diselesaikan dengan tepat waktu akibat terjadinya keterlambatan suatu kegiatan proyek. Keterlambatan pada proyek konstruksi memiliki dampak yang besar dalam kesuksesan proyek konstruksi. Proyek konstruksi *pipeline* memiliki kemungkinan yang tinggi dalam mengalami keterlambatan yang disebabkan oleh kompleksitasnya. (Mohammed & Suliman, 2019)

## **2.2 Dasar Teori**

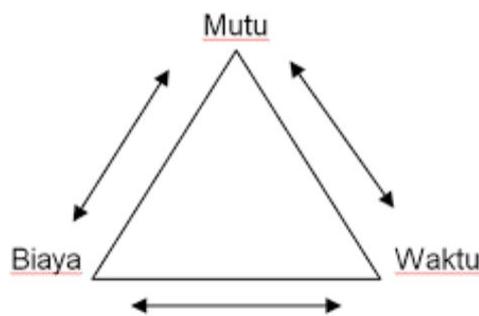
### **2.2.1 Manajemen Proyek**

Menurut PMBOK (2008), manajemen proyek merupakan aplikasi dari pengetahuan, kemampuan, kecakapan, dan teknik untuk memproyeksikan aktivitas agar mencapai kebutuhan proyek itu sendiri. Manajemen proyek terdiri dari 5 tahapan utama yaitu *initiating, planning, executing, monitoring and controlling*, serta *closing*.

Sebuah proyek bisa berbentuk apa saja mulai dari struktur, pabrik, instalasi, proses, sistem, perangkat lunak, besar atau kecil, sebuah pergantian, pembaruan yang baru maupun yang lama. Proyek berisikan suatu rangkaian kegiatan dengan banyak anggota untuk menciptakan tujuan tertentu dengan biaya

dan waktu yang telah ditentukan. Maka dari itu, perlu adanya pengelolaan proyek seperti lingkup kerja, waktu, biaya, dan kualitas yang disebut manajemen proyek.

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Fungsi dasar manajemen proyek itu sendiri terdiri dari pengelolaan lingkup kerja, waktu, biaya, dan kualitas. Pengelolaan aspek-aspek tersebut dengan benar merupakan kunci keberhasilan penyelenggaraan proyek. Biaya, waktu, dan kualitas dalam konteks pengertian kegiatan proyek merupakan sasaran yang harus dicapai. Dengan demikian, jadwal, biaya, dan kualitas memiliki kedudukan ganda, yaitu sebagai sasaran dan juga sebagai fungsi dasar pengelolaan. Ketiga aspek berkaitan erat seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Segitiga Proyek

Sumber : Proboyo (1999)

Manajemen proyek konstruksi mempunyai karakteristik, unik, melibatkan banyak sumber daya, dan membutuhkan organisasi. Menurut Proboyo (1999), tujuan dari proses manajemen proyek adalah untuk mengusahakan agar semua rangkaian kegiatan tersebut :

- Tepat waktu, tidak terjadi keterlambatan penyelesaian suatu proyek.
- Biaya yang sesuai, tidak ada biaya tambahan dari perencanaan biaya yang telah dianggarkan.
- Kualitas yang sesuai dengan persyaratan.
- Proses kegiatan dapat berjalan dengan lancar.

Manajemen proyek dan penjadwalan proyek adalah salah satu hal utama pada setiap perusahaan atau organisasi dalam menghadapi perubahan yang cepat

pada lingkungannya. Terlebih lagi, tehnik penjadwalan proyek adalah hal yang sangat diperlukan dalam pencapaian dan keefektifan dalam suatu proses pekerjaan (Demeulemeester, et al., 2013).

### **2.2.2 Manajemen Waktu Proyek**

Menurut PMBOK (2008) manajemen waktu proyek merupakan suatu proses yang dibutuhkan untuk mengatur penyelesaian proyek dengan tepat waktu yang dimulai dari :

1. Menetapkan aktivitas-aktivitas proyek (*define activities*).
2. Menetapkan hubungan (*sequence*) pada setiap aktivitas proyek (*sequence activities*).
3. Menetapkan semua sumber daya seperti sumber daya manusia, material, perlengkapan, atau persediaan yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas (*estimate activity resources*).
4. Memperkirakan durasi dari tiap-tiap aktivitas dengan jumlah sumber daya yang telah diestimasi (*estimate activity durations*).
5. Membuat jadwal berdasarkan data-data di atas (*develop schedule*).
6. Memerhatikan status proyek dan memperbarui kemajuan pengerjaan proyek (*control schedule*).

Menurut Kareth dkk (2012) dalam Abdul dkk (2016), pengaturan waktu atau penjadwalan dari kegiatan-kegiatan yang terlibat didalamnya dimaksudkan agar suatu proyek dapat berjalan dengan lancar serta efektif. Oleh karena itu, pihak pelaksana dari suatu proyek biasanya membuat suatu jadwal waktu kegiatan (*time schedule*) yang berisikan jenis-jenis pekerjaan, durasi pekerjaan, dan hubungan antara tiap-tiap pekerjaan proyek.

### **2.2.2 Penjadwalan Proyek**

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk

menyelesaikan proyek. Penjadwalan proyek memiliki manfaat-manfaat yakni sebagai berikut :

- Menunjukkan hubungan tiap kegiatan lainnya dan terhadap keseluruhan proyek
- Mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan di antara kegiatan
- Menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk tiap kegiatan
- Membantu penggunaan tenaga kerja, uang dan sumber daya lainnya.
- Memberikan saran untuk menilai kemajuan pekerjaan.
- Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

### **2.2.3 Keterlambatan Proyek**

Menurut Bakhtiyar (2012) dalam Abdul dkk (2016), keterlambatan proyek diartikan sebagai penundaan penyelesaian pekerjaan sesuai kontrak kerja dimana secara hukum melibatkan beberapa situasi yang menyebabkan timbulnya klaim. Keterlambatan proyek timbul ketika kontraktor tidak dapat menyelesaikan proyek sesuai dengan waktu yang tercantum kontrak. Menurut Kamaruzzaman (2012) dalam Abdul dkk (2016), keterlambatan proyek bisa disebabkan dari pihak kontraktor maupun dari owner bisa juga disebabkan bukan dari kedua pihak. Kontraktor akan terkena denda penalti dan bertanggung jawab atas biaya *overhead* selama proyek masih berlangsung. Dari sisi *owner*, keterlambatan proyek akan membawa dampak pengurangan pemasukan karena penundaan pengoperasian fasilitasnya.

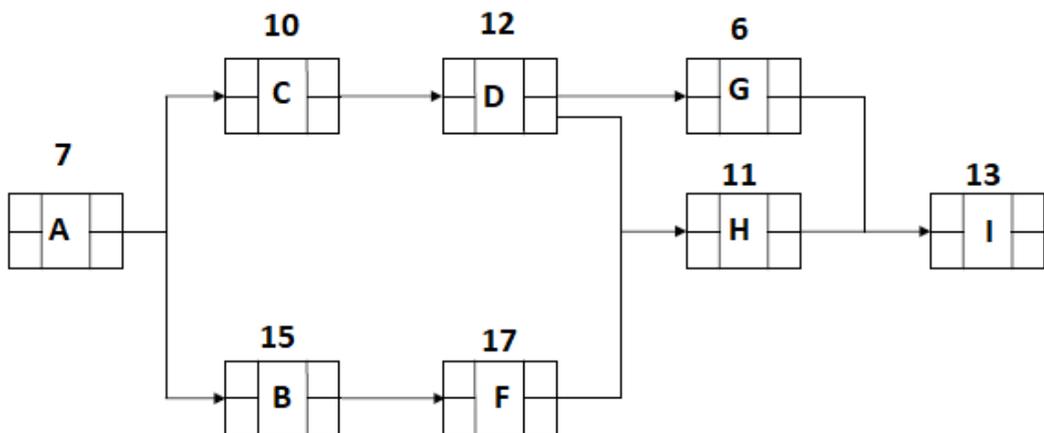
Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, berbagai hal dapat terjadi yang bisa menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan penyelesaian proyek menjadi terlambat. Penyebab keterlambatan yang sering terjadi adalah akibat terjadinya perbedaan kondisi lokasi, perubahan *design*, pengaruh cuaca, kurang terpenuhinya kebutuhan pekerja, kesalahan perencanaan atau spesifikasi, dan pengaruh keterlibatan pemilik proyek (Redana, 2016).

Keterlambatan pelaksanaan proyek pada proyek pada umumnya selalu menimbulkan akibat yang merugikan baik bagi *owner* maupun kontraktor, karena dampaknya adalah konflik dan perdebatan tentang apa dan siapa yang menjadi penyebab juga tuntutan waktu dan biaya tambah (Proboyo, 1999). Keterlambatan proyek sering menjadi sumber perselisihan dan tuntutan antara

pemilik proyek dan kontraktor. Dari segi pemilik, keterlambatan proyek akan membawa dampak pengurangan pemasukan karena penundaan pengoperasian fasilitasnya. Sedangkan dari segi kontraktor, kontraktor akan menerima denda penalti sesuai dengan kontrak, selain itu kontraktor juga akan mengalami tambahan biaya selama proyek berlangsung (Redana, 2016).

#### 2.2.4 Precedence Diagram Method (PDM)

Secara teori, modeling untuk kegiatan yang saling tumpang tindih (*overlapping*) tidak bisa diaplikasikan pada diagram AON (*Activity on Node*). Karena diagram AON menjelaskan bahwa kegiatan hanya memiliki relasi dimulai setelah suatu pekerjaan selesai (*finish to start*) (Hajdu, 2005). Metode diagram *precedence* diperkenalkan oleh J.W Fondahl dari Universitas Stanford USA pada awal dekade 60-an. Metode ini adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi aktivitas berada di *node*. Perbedaan *Precedence Diagram Method* (PDM) dengan *Activity on Node* (AON) terletak pada bentuk *node* dimana PDM berbentuk persegi dan AON berbentuk lingkaran. Tanda panah pada diagram menunjukkan keterkaitan antara kegiatan. Kelebihan PDM dibandingkan dengan diagram panah (*arrow diagram*) adalah metode ini tidak membutuhkan kegiatan semu (*dummy*) sehingga pembuatan jaringan kegiatan menjadi lebih sederhana dan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan. (Rafli, 2016). Berikut contoh penggambaran network diagram dengan PDM pada gambar 2.2 :



Gambar 2. 2 Precedence Diagram

Sumber : Rafli (2016)

Berdasarkan penggunaannya, PDM lebih mudah diselesaikan dengan bantuan program komputer seperti : *Harvard total project manager*, *project scheduler network*, *Primavera project planner*, dan *Microsoft project*. Kelebihan dari PDM juga adalah dapat digunakan dengan 4 konstrain yang berbeda seperti awal ke awal (SS), awal ke akhir (SF), akhir ke akhir (FF), dan akhir ke awal (FS). Pada garis konstrain, dibutuhkan keterangan SS, SF, FF, dan FS.

#### 1. SS (*Start to Start*)

$SS(i-j) = x$ , artinya suatu kegiatan j dapat dimulai setelah x hari kegiatan terdahulu i dimulai. Konstrain ini bisa dimaksudkan kegiatan j dimulai bersamaan dengan kegiatan i, atau dimulai sebelum kegiatan terdahulu i selesai 100%. Besar x tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu.

#### 2. SF (*Start to Finish*)

$SF(i-j) = x$ , artinya suatu kegiatan j selesai setelah x hari kegiatan terdahulu i dimulai. Sebagian kegiatan terdahulu harus selesai sebelum akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.

#### 3. FF (*Finish to Finish*)

$FF(i-j) = x$ , artinya suatu kegiatan j selesai setelah setelah x hari kegiatan terdahulu i selesai. Konstrain ini bisa dimaksudkan kegiatan j selesai bersamaan dengan kegiatan i, atau selesai sebelum/sesudah kegiatan i. Besar x tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu.

#### 4. FS (*Finish to Start*)

$FS(i-j) = x$ , artinya suatu kegiatan j dapat dimulai setelah x hari kegiatan terdahulu i selesai. Konstrain ini bisa dimaksudkan kegiatan j dimulai setelah kegiatan i selesai dilaksanakan. Besar x bisa sama dengan nol dan bisa lebih dari nol.

### **2.2.5 Critical Path**

*Critical path* adalah teknik manajemen proyek yang menggunakan hanya satu faktor waktu per kegiatan. Merupakan jalur tercepat untuk mengerjakan suatu proyek, dimana setiap proyek yang termasuk pada jalur ini tidak diberikan waktu

jeda/istirahat untuk pengerjaannya. Dengan asumsi bahwa estimasi waktu tahapan kegiatan proyek dan ketergantungannya secara logis sudah benar. Jalur kritis berkonsentrasi pada timbal balik waktu dan biaya. Jalur kritis merupakan jalur yang terdiri dari kegiatan-kegiatan yang bila terlambat akan mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek. Dalam *critical path* juga akan mendapatkan lintasan kritis yang menghubungkan kegiatan-kegiatan kritis yaitu kegiatan yang tidak boleh terhambat pelaksanaannya.

Pada *Critical path* dikenal istilah ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Latest Start*), dan LF (*Latest Finish*). Dalam menghitung besar ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*) digunakan teknik *forward pass* sebagai berikut :

1. *Early Start* (ES)

$$ES_j = ES_i + x \text{ (untuk konstrain SS)}$$

$$ES_j = EF_i + x \text{ (untuk konstrain FS)}$$

$$ES_j = EF_j - \text{durasi kegiatan (untuk konstrain FF)}$$

2. *Early Finish* (EF)

$$EF_j = ES_j + \text{durasi kegiatan (untuk konstrain SS)}$$

$$EF_j = ES_j + \text{durasi kegiatan (untuk konstrain FS)}$$

$$EF_j = EF_i + x \text{ (untuk konstrain FF)}$$

3. *Latest Finish* (LF)

$$LF_j = LS_j + \text{durasi kegiatan (untuk konstrain SS)}$$

$$LF_i = LF_j + \text{durasi kegiatan (untuk konstrain FS)}$$

$$LF_j = LF_i + x \text{ (untuk konstrain FF)}$$

4. *Latest Start* (LS)

$$LS_j = LF_j - \text{durasi kegiatan (untuk konstrain SS)}$$

$$LS_j = LF_j - \text{durasi kegiatan (untuk konstrain FS)}$$

$LS_j = LFi - \text{durasi kegiatan (untuk konstrain FF)}$

### **2.2.6 Manajemen Risiko Proyek**

Dulu, manajemen proyek hanya berkonsentrasi pada masalah jadwal dan biaya saja. Bagaimana melaksanakan proyek sesuai jadwal dan biaya yang direncanakan adalah fokus dari manajemen proyek. Namun, sejak pertengahan 1980 perusahaan mulai menyadari perlunya kebutuhan mengintegrasikan risiko teknis ke dalam risiko jadwal dan biaya. Proses manajemen risiko proyek dikembangkan dan diimplementasikan sehingga informasi mengenai risiko tersedia bagi pengambil keputusan kunci. Manajemen risiko sangat penting pada kondisi dimana ada taruhan yang besar dan ketidakpastian tinggi. Manajemen risiko pada proyek meliputi langkah memahami & mengidentifikasi masalah potensial yang mungkin terjadi, mengevaluasi bagaimana risiko ini mempengaruhi keberhasilan proyek, *monitoring* dan penanganan risiko.

Secara umum, manajemen risiko proyek didefinisikan sebagai proses mengidentifikasi, mengukur dan memastikan risiko, dan mengembangkan strategi untuk mengelola risiko tersebut. Tujuan manajemen risiko proyek adalah untuk mencegah atau meminimalisasi pengaruh yang tidak baik akibat kejadian yang tidak terduga melalui menghindari risiko atau mempersiapkan rencana lain yang berkaitan dengan risiko tersebut

Dari penjelasan diatas, manajemen risiko proyek merupakan upaya penting yang dilakukan dalam suatu proyek, apalagi proyek yang bersifat kompleks. Apabila manajemen risiko proyek tidak dilakukan pada awal proyek, bisa menyebabkan tujuan yang ingin dicapai dari proyek tidak tercapai. Manajemen risiko pada proyek konstruksi akan menjadi tidak efektif apabila prosesnya dilakukan oleh orang yang masih belum berpengalaman dan kurang pengetahuannya akan risiko proyek (Serpella, et al., 2014).

### **2.2.7 Risiko**

Pada zaman dimana kegiatan konstruksi berkembang cepat, risiko merupakan hal yang akan selalu dijumpai. Risiko merupakan kombinasi dari probabilitas suatu kejadian dan konsekuensi atau dampak dari kejadian tersebut, dengan tidak menutup kemungkinan bahwa ada lebih dari satu konsekuensi untuk

satu kejadian. Namun, risiko pada umumnya dipandang sebagai hal yang negatif seperti kehilangan, bahaya, dan konsekuensi lainnya. Kerugian tersebut sebenarnya merupakan bentuk ketidakpastian yang seharusnya dipahami dan dikelola secara efektif oleh organisasi sebagai bagian dari strategi sehingga dapat menjadi nilai tambah dan mendukung pencapaian tujuan organisasi (Szymanski, 2017).

$$\text{Risk} = \text{risk likelihood} \times \text{risk impact}$$

Probabilitas terjadinya risiko sering disebut dengan *risk likelihood*, sedangkan dampak risiko sering disebut dengan *risk impact*. Jenis risiko antara lain adalah :

#### 1. *Operational Risk*

Kejadian risiko yang berhubungan dengan operasional organisasi mencakup risiko yang berhubungan dengan sistem organisasi, proses kerja, teknologi, dan sumber daya manusia.

#### 2. *Financial Risk*

Risiko yang berdampak pada kinerja keuangan organisasi seperti kejadian risiko akibat dari fluktuasi mata uang, tingkat suku bunga termasuk risiko pemberian kredit.

#### 3. *Hazard Risk*

Risiko yang berhubungan dengan kecelakaan fisik seperti kejadian atau kerusakan yang menimpa harta perusahaan dan adanya ancaman perusahaan.

#### 4. *Strategic Risk*

Risiko yang berhubungan dengan strategi perusahaan, politik, ekonomi, dan peraturan perundangan. Risiko yang berkaitan dengan reputasi organisasi kepemimpinan dan termasuk perubahan keinginan pelanggan.

### **2.2.8 *Fault Tree Analysis (FTA)***

*Fault Tree Analysis* adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi semua sebab yang mungkin (kegagalan komponen atau kejadian kegagalan lainnya yang terjadi sendiri atau bersama-sama) menyebabkan kegagalan sistem dan

memberi pijakan perhitungan peluang kejadian kegagalan tersebut. Metode *fault tree analysis* mengembangkan jalan kesalahan logis dari kejadian yang tidak diinginkan yang berada di atas (*top event*) untuk semua akar penyebab yang mungkin terjadi pada bagian bawahnya. Kelebihan dari FTA adalah mudah dilakukan, mudah dimengerti, memberikan sistem wawasan yang bermanfaat dan menunjukkan semua kemungkinan penyebab masalah yang akan diselidiki (Kurniawan, 2015). Berikut salah satu contoh *fault tree diagram* yang dapat dilihat pada gambar 2.3 :



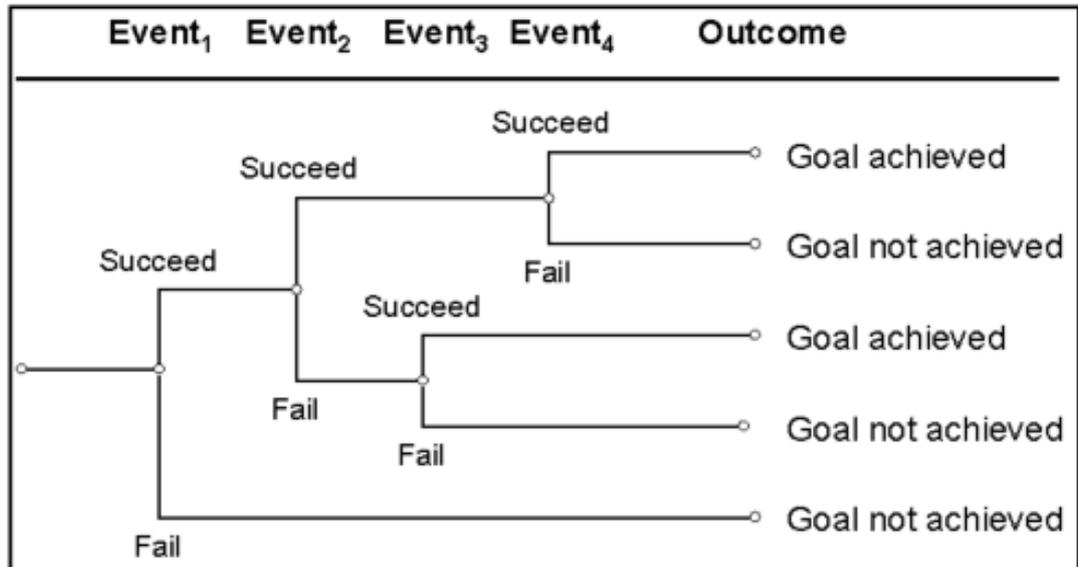
Gambar 2. 3 Contoh *Fault Tree Diagram*

Sumber : Redana (2016)

### 2.2.9 *Event Tree Analysis (ETA)*

*Event Tree Analysis* adalah teknik analisa yang digunakan untuk mengevaluasi proses dan kejadian yang mengarah pada kemungkinan kegagalan. Metode ini berguna dalam menganalisa konsekuensi yang timbul dari kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan. Konsekuensi dari kejadian diikuti melalui serangkaian kemungkinan. Analisa dimulai dengan mempertimbangkan sebuah kejadian awal dan kemudian mencari kejadian lainnya yang timbul dari dasar sistem. Metode ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi semua hasil yang mungkin yang diakibatkan dari sebuah inisiasi proyek. Dengan menganalisa semua hasil yang mungkin, adalah mungkin untuk menentukan presentase hasil yang mengarah pada hasil yang diinginkan maupun hasil yang tidak diinginkan

(Redana, 2016). Berikut contoh *event tree diagram* yang terlihat pada gambar 2.4 :

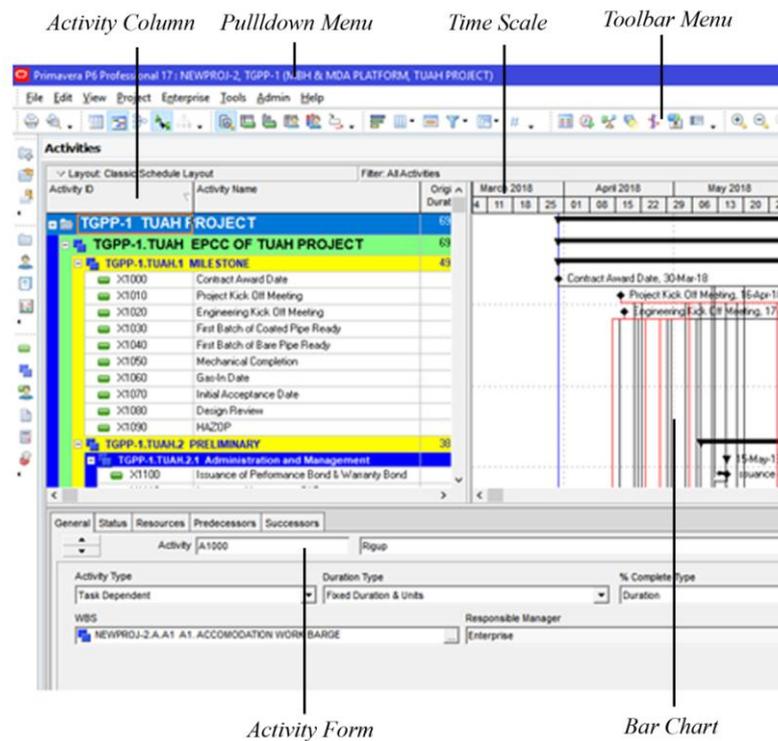


Gambar 2. 4 *Event Tree Diagram*

Sumber : Clifton (2005) dalam Redana (2016)

#### 2.2.10 Oracle Primavera 6.0

*Oracle Primavera 6.0* merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk mengatasi masalah manajemen kegiatan. *Oracle Primavera 6.0* dibuat oleh *Primavera Inc. System*. *Data entry* dapat diinput dalam bentuk tabel atau *network diagram*. *Activity column* merupakan tempat untuk input data-data seperti identitas aktivitas, nama aktivitas, dan durasi aktivitas. *Pulldown menu* merupakan menu yang berisikan opsi seperti *file, edit, view, format, dan tools*. *Times scale* merupakan penunjuk waktu yang berupa hari, bulan, dan tahun. *Toolbar menu* merupakan *bar* yang berfungsi agar pengguna bisa mengakses perintah-perintah yang sering digunakan seperti *new, open, save, print, dll*. *Bar chart* merupakan *output* yang dihasilkan dari penginputan data yang ditampilkan dalam bentuk *gant chart* (diagram batang). *Activity form* merupakan tempat untuk memasukkan data seperti hubungan antar kegiatan dan disini juga bisa dilihat informasi lengkap tiap-tiap aktivitas (Alkaff & Saggaff, 2008). Berikut elemen-elemen penting *Oracle Primavera 6.0* yang bisa dilihat pada gambar 2.5 :



Gambar 2. 5 Tampilan *Oracle Primavera 6.0*

Sumber : dokumentasi pribadi

Berikut langkah-langkah dalam melakukan penjadwalan dengan *Oracle Primavera 6.0* :

1. Membuat file proyek baru.

Dengan menekan opsi *file > new*, akan muncul kotak dialog *add a new projet*. Pada tahap ini kita harus memasukan nama file, nama proyek dan perusahaan (opsional), dan kapan tanggal kegiatan akan dimulai.

2. Menginput data kegiatan

Pertama kali, *Oracle Primavera 6.0* akan meminta identitas dari aktivitas yang berupa numerik, alphanumerik, atau kombinasi keduanya. Lalu, kita bisa memasukan data yang berupa nama aktivitas beserta durasi dari aktivitas tersebut.

3. Menginput data hubungan antar kegiatan

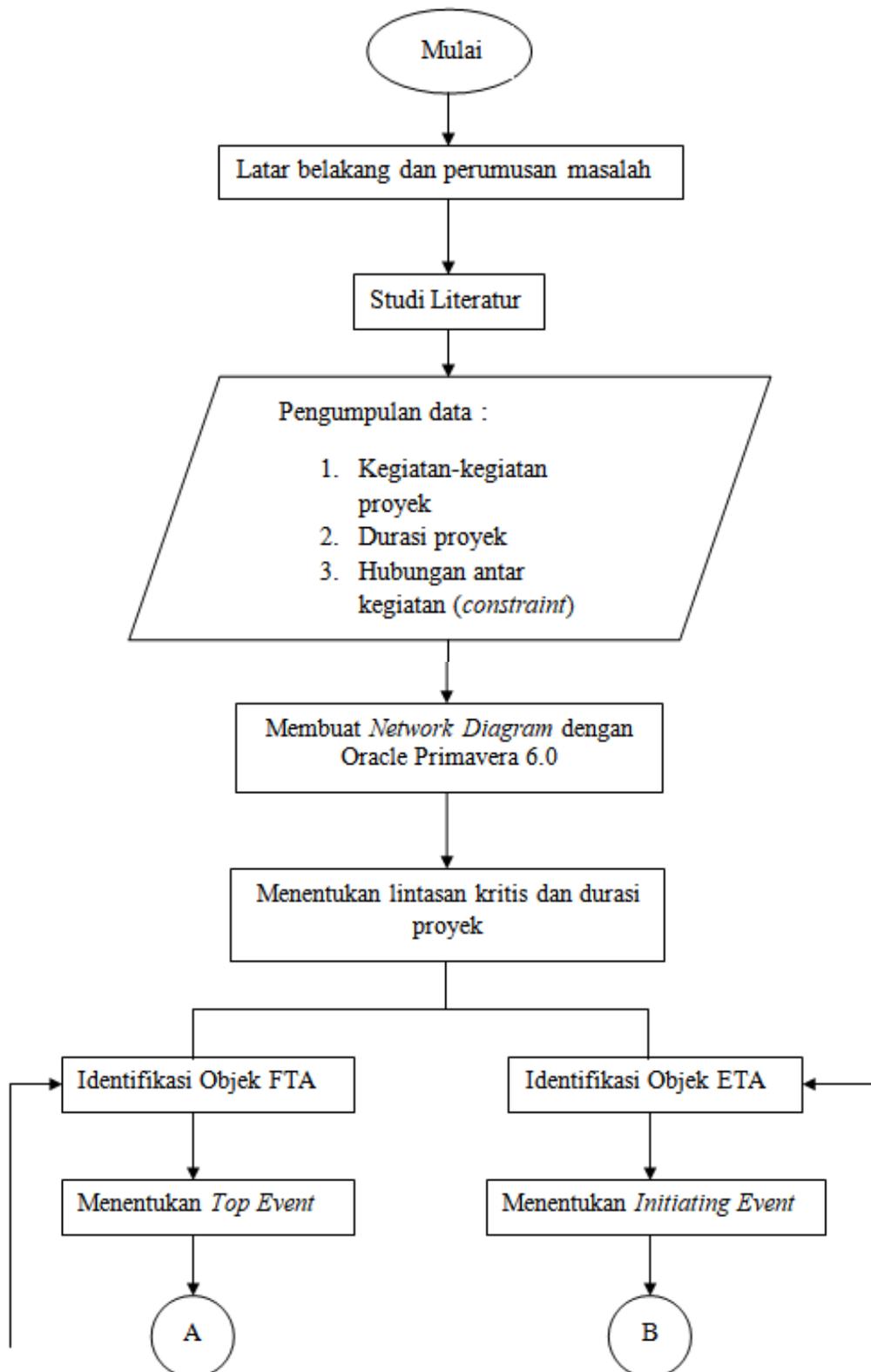
Arahkan kursor ke kegiatan yang ingin diinput data hubungan antar kegiatannya, lalu akan muncul *activity form*, lalu klik *predecessor* untuk menginput data kegiatan pendahulu, atau klik *sucessor* untuk menginput data kegiatan sesudahnya. Jangan lupa untuk mengisikan status hubungan kegiatan seperti *finish to start*, *start to start*, *finish to finish*, atau *start to finish*.

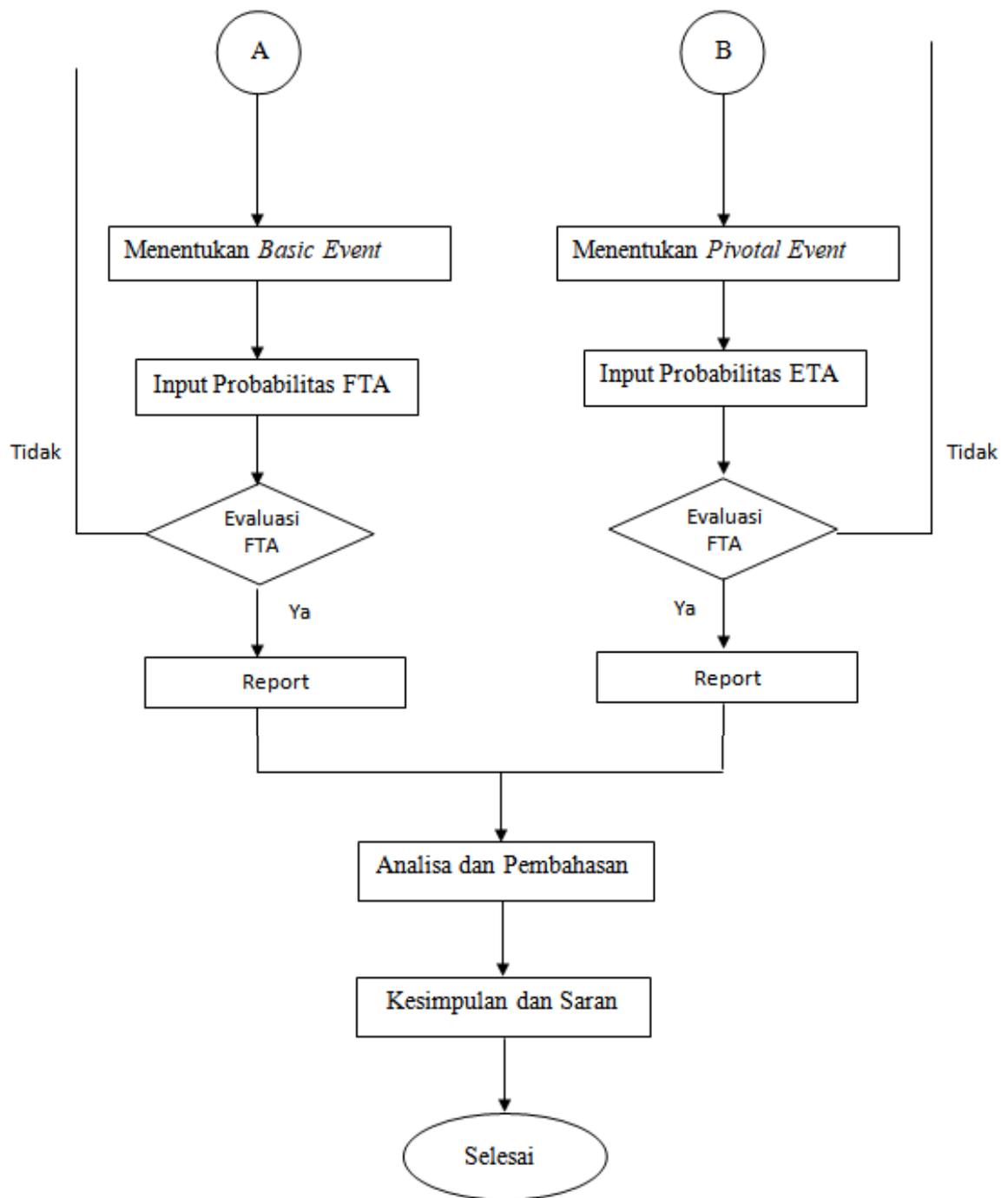
4. Menjadwalkan data yang telah diinput

Setelah semua data lengkap diinput, kita harus memerintahkan *Oracle Primavera 6.0* agar melakukan penjadwalan kegiatan dengan menekan *tools > schedule > schedule now > OK*. Kita harus menunggu beberapa saat lalu proses penjadwalan pun telah selesai.

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir pada gambar 3.1, berikut penjelasan perihal pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

### **3.2.1 Latar Belakang dan Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana membuat *network diagram* dari proyek *onshore pipeline X* dengan menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM)?
2. Kegiatan apa saja yang termasuk ke dalam lintasan kritis pada proyek *onshore pipeline X*?
3. Berapa besar risiko keterlambatan proyek *onshore pipeline X* dengan metode *fault tree analysis* (FTA) dan *event tree analysis* (ETA)?

### **3.2.2 Studi Literatur**

Diperlukan pembelajaran literatur-literatur untuk mendukung pengerjaan tugas akhir dan untuk pengembangan wawasan dan analisa yang dilakukan. Berikut studi literatur yang digunakan dalam tugas akhir, yaitu :

1. Studi mengenai manajemen waktu proyek dan manajemen risiko proyek.
2. Studi mengenai metode *Precedence Diagram Method* (PDM), *critical path*, *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Event Tree Analysis* (ETA).

### **3.2.3 Pengumpulan Data**

Pada tahapan ini, dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk penyelesaian tugas akhir ini. Berikut data-data yang diperlukan antara lain :

1. Data kegiatan-kegiatan proyek
2. Data durasi pengerjaan kegiatan proyek
3. Data hubungan antar kegiatan proyek
4. Data mengenai fasilitas produksi (mesin dan peralatan) yang dimiliki

### **3.2.4 Membuat *Network Diagram* dengan *Precedence Diagram Method* (PDM)**

Pada tahapan ini, dilakukan *network diagramming* dengan *precedence diagram method*. Dari tahapan ini tiap kegiatan akan digambarkan di dalam *node*

dan hubungan antar kegiatan digambarkan dengan tanda panah. Didalam *node* berisikan :

1. Nomor Kegiatan
2. Nama Kegiatan
3. Durasi Kegiatan
4. *Early Start* (ES)
5. *Early Finish* (EF)
6. *Latest Start* (LS)
7. *Latest Finish* (LF)

### **3.2.5 Menentukan Lintasan Kritis dan Durasi Proyek**

Setelah membuat *network diagram*, kita bisa menentukan durasi proyek dengan *critical path analysis* yang dimana durasi proyek ditentukan dengan durasi lintasan terpanjang pada *network diagram*. Lintasan kritis dilakukan dengan melakukan perhitungan ES, EF dan LS, LF. Dilanjut dengan perhitungan *float* yang merupakan pengurangan dari LS dan ES atau LF dan EF. Kegiatan yang memiliki *float* sejumlah 0, ditentukan sebagai kegiatan kritis.

### **3.2.6 Identifikasi Objek (FTA) dan (ETA)**

Mengidentifikasi objek apa yang akan diteliti sebagai permulaan dari penelitian yang selanjutnya akan dianalisa dengan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA).

### **3.2.7 Menentukan *Top Event* FTA dan *Initiating Event* ETA**

Setelah mengidentifikasi objek apa yang akan diteliti sebagai permulaan dari penelitian yang selanjutnya akan dianalisa dengan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA), maka dilakukan penentuan *top event* untuk FTA yang akan menjadi *initiating event* pada ETA.

### **3.2.8 Menentukan *Basic Event* FTA dan *Pivotal Event* ETA**

Setelah dilakukan penentuan *top event* untuk FTA yang akan menjadi *initiating event* pada ETA, langkah selanjutnya adalah menentukan *basic event* yang merupakan faktor-faktor pendukung dari *top event* yang dapat membantu

pembuatan *fault tree diagram*. Selanjutnya adalah menentukan *pivotal event* dari *initiating event* untuk membantu pembuatan *event tree diagram*.

### 3.2.9 Input Probability Fault Tree Analysis (FTA) dan Event Tree Analysis (ETA)

Memasukan *probabilitas* tiap-tiap *basic event* dan *pivotal event* ke dalam *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Event Tree Analysis (ETA)*.

### 3.2.10 Evaluasi Fault Tree Analysis (FTA) dan Event Tree Analysis (ETA)

Selanjutnya adalah tahap evaluasi *Fault Tree Analysis (FTA)* dengan validasi dengan responden (pihak proyek) dan *Event Tree Analysis (ETA)* dengan menggunakan matriks risiko (*risk matrix*).

### 3.2.11 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan dilakukan maka disusun kesimpulan dari penelitian dan juga saran yang berguna bagi peningkatan kinerja terhadap proyek yang akan datang bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

## 3.3. Rencana Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

No.	Kegiatan Tugas Akhir	Waktu Pengerjaan (Minggu)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Latar Belakang dan Perumusan Masalah	■															
2	Studi Literatur		■	■													
3	Pengumpulan Data		■	■													
4	Membuat <i>Network Diagram</i> dengan <i>Precedence Diagram</i>				■	■	■										
5	Menentukan Lintasan Kritis dan Durasi Proyek						■										
6	Membuat Diagram <i>Fault Tree</i>							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

	dan <i>Event Tree</i>																
7	Kesimpulan dan Saran																

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Kegiatan, Durasi, dan Hubungan antar Kegiatan Proyek (*Predecessor*)

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini didapatkan dari PT.X. Berikut data pekerjaan kegiatan-kegiatan proyek, durasi kegiatan proyek, dan hubungan antar kegiatan proyek (*predecessor*) yang dapat dilihat pada tabel 4.1 :

Tabel 4. 1 Data Kegiatan, Durasi, dan *Predecessor* Proyek

<i>Activity</i> ID No.	Nama Kegiatan	Durasi Kegiatan (hari)	<i>Predecessor</i>
1	<i>Contract Award Date</i>	0	-
2	<i>Project Kick Off Meeting</i>	0	1FS+12
3	<i>Engineering Kick Off Meeting</i>	0	1FS+13
4	<i>Completion of Engineering Office @ Bintaro</i>	0	1FS+30
5	<i>Completion of Site Office</i>	0	4FS+57
6	<i>Completion of Project Office</i>	0	5SS
7	DOSH	323	11SS+29; 26SS
8	<i>Local Councils</i>	388	14SS; 18SS; 20SS+3
9	PPMS ( <i>Pipeline Project Management System</i> )	302	1FS+35; 16SS; 17SS; 18SS; 19SS
10	<i>HSE &amp; QA/QC</i>	90	1FS; 4FS
11	<i>Quality Mangament System</i>	76	13SS; 14SS
12	<i>Safety Program</i>	325	10SS+15; 15SS
13	<i>Preliminary Training</i>	18	2FS+29
14	<i>General Plan</i>	84	2FS+4
15	<i>HSE</i>	79	2FS+20

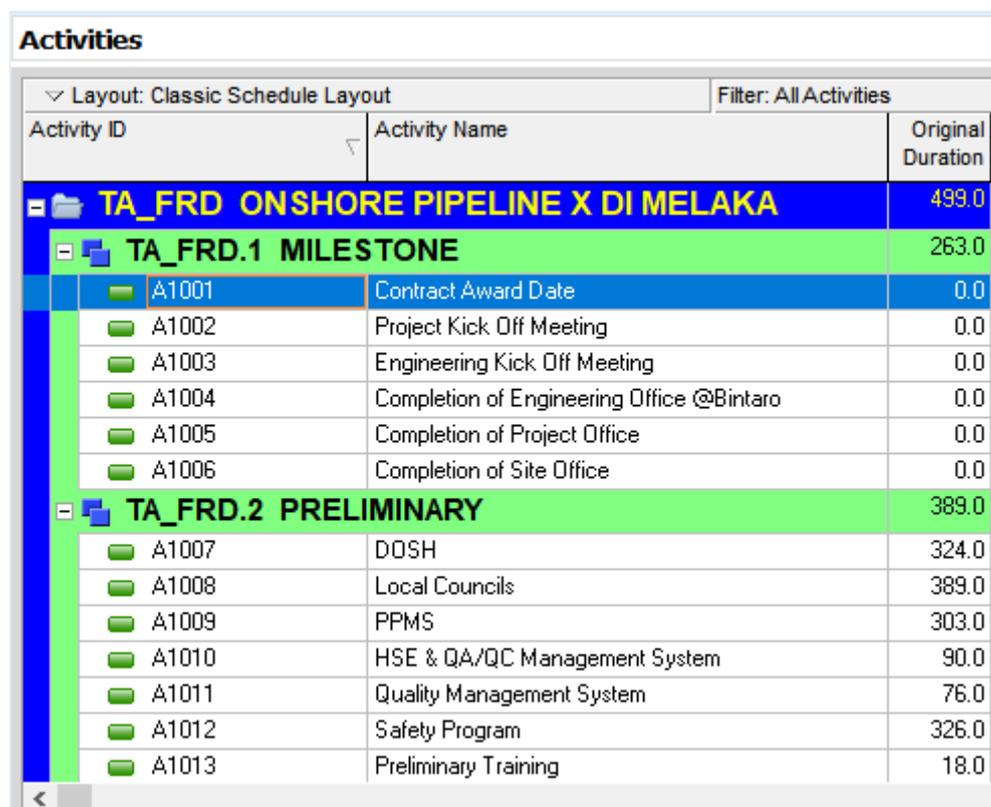
<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Durasi Kegiatan (hari)</b>	<b>Predecessor</b>
16	<i>General Engineering</i>	86	3FS+6
17	<i>Process</i>	68	3FS+1
18	<i>Pipeline</i>	87	3FS-1
19	<i>Mechanical &amp; Piping</i>	92	3FS+6
20	<i>Civil &amp; Structure</i>	88	3FS+10
21	<i>Electrical</i>	105	3FS+9
22	<i>Instrumentation</i>	107	3FS+6
23	<i>Method Statement</i>	104	3FS+4
24	<i>Quick Opening Closure</i>	197	14SS; 19SS+48
25	<i>Actuated Valves</i>	272	14SS; 18SS; 22SS+55
26	<i>Valves</i>	202	14SS; 19SS+99
27	<i>Ultra Sonic Meter (USM)</i>	252	14SS; 22SS+54
28	<i>Dry Gas Filter</i>	262	14SS; 19SS+38
29	<i>Scraper Barrel</i>	189	14SS+99; 18FS; 19FS; 24SS
30	<i>UPS</i>	287	14SS; 21SS+53
31	<i>SCADA</i>	254	14SS; 22SS+75
32	<i>Monolithic Isolation Joint</i>	247	14SS; 18SS; 21SS+43
33	<i>Cathodic Protection</i>	242	14SS
34	<i>Hot Induction Bend</i>	92	14SS; 18SS+47
35	<i>Hot Tap Material</i>	170	14SS; 18SS+60
36	<i>Bulk Material Station</i>	216	19SS+71; 21SS
37	<i>Pipeline Procurement</i>	117	18SS+40
38	<i>Site Preparation</i>	72	6FS; 12SS; 14SS; 16SS+87
39	<i>Pipeline Installation</i>	293	8SS+126; 9SS; 10FS; 11SS; 12SS; 20FS; 23FS; 34SS; 38SS
40	<i>Crossing</i>	187	7SS; 8SS+200; 33FF; 37SS
41	<i>Civil – Pipeline Work</i>	195	7SS; 8SS; 20FS+161; 38FS; 39SS

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Durasi Kegiatan (hari)</b>	<b>Predecessor</b>
42	<i>Station Facilities</i>	285	7SS+88; 8SS; 20FS; 22FS; 26SS; 27SS; 28SS; 29SS; 30SS; 31SS; 36SS
43	<i>Precommissioning Pipeline</i>	91	32SS; 36SS+248; 37FS-22
44	<i>Precommissioning Station</i>	38	42FF-7
45	<i>Precommissioning Cathodic Protection</i>	28	40FS
46	<i>Pipeline Golden Joint</i>	26	25FS; 42SS; 43FS
47	<i>Hot Tap 01</i>	71	35FS+128; 43SS
48	<i>Hot Tap 02</i>	72	47SS
49	<i>Hot Tap 03</i>	71	48SS+2
50	<i>Mechanical Completion</i>	0	9FS; 12FS; 42FS; 51FS+1
51	<i>N2 Purging + Preparation</i>	7	44FS; 45FS; 46FS; 47SS; 48SS; 49SS
52	<i>Commissioning Pipeline</i>	5	47FS; 48FS; 49FS
53	<i>Commissioning Station</i>	18	44SS+31
54	<i>Commissioning Cathodic Protection</i>	32	45FS
55	<i>1st Gas In</i>	0	5FS; 9FS; 12FS; 20FS; 41FS; 52SS+5
56	<i>Start Up &amp; Performance Test</i>	37	52FS; 53FS; 54FS; 55FS-1
57	<i>Hand Over Document</i>	187	43SS+55; 56FF
58	<i>Initial Acceptance</i>	0	50FS; 57FS

## 4.2 Input Data dengan Primavera P6

### 4.2.1 Input Data

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam menggunakan perangkat lunak Primavera P6 adalah dengan memasukkan data-data yang tertera pada tabel 4.1. Dalam kolom *activity*, dimasukkan semua daftar-daftar kegiatan dan durasi dari tiap kegiatan proyek. Setiap kegiatan proyek dimasukkan, maka setiap kegiatan akan memiliki identitas (*activity ID*) masing-masing. Berikut contoh pemasukan data kegiatan dan durasi kegiatan yang bisa dilihat pada gambar 4.1 :



The screenshot shows the 'Activities' window in Primavera P6. The window title is 'Activities' and it has a 'Filter: All Activities' button. The layout is 'Classic Schedule Layout'. The table below shows the activity data:

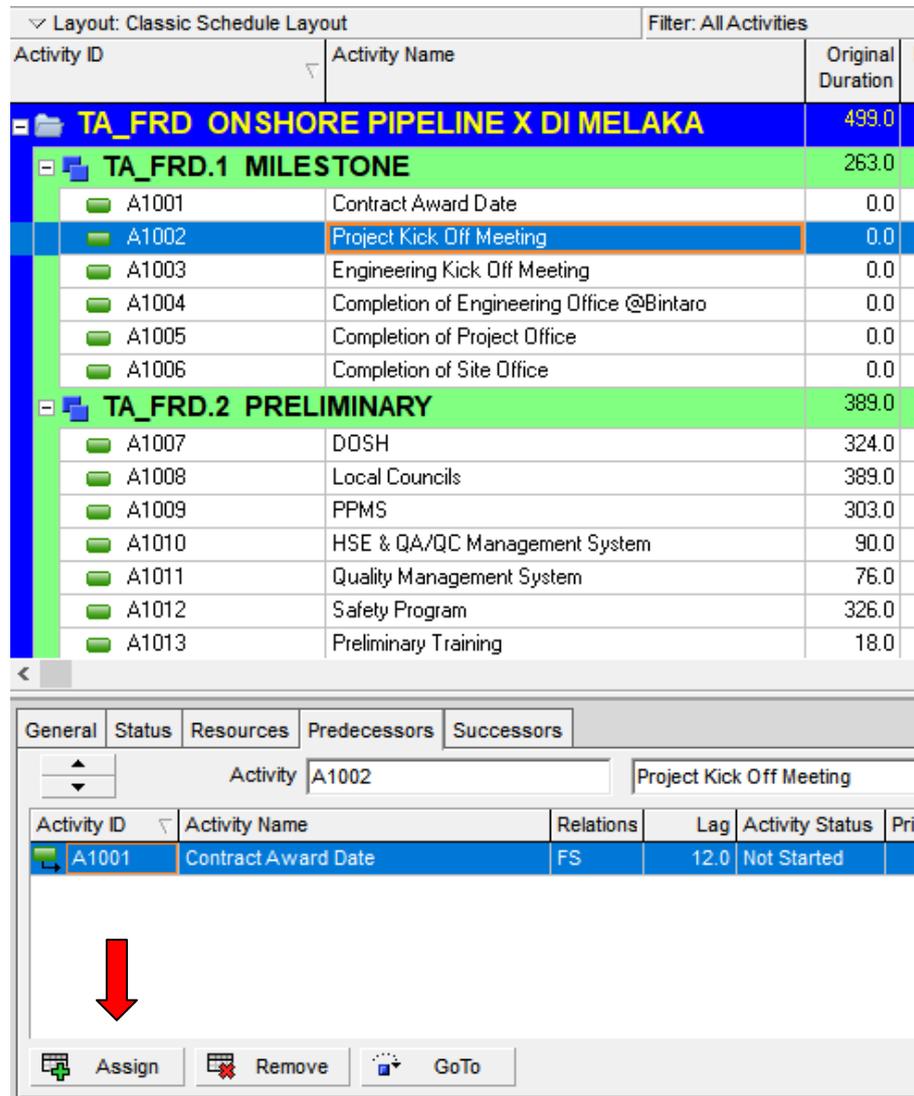
Activity ID	Activity Name	Original Duration
<b>TA_FRD ONSHORE PIPELINE X DI MELAKA</b>		499.0
<b>TA_FRD.1 MILESTONE</b>		263.0
A1001	Contract Award Date	0.0
A1002	Project Kick Off Meeting	0.0
A1003	Engineering Kick Off Meeting	0.0
A1004	Completion of Engineering Office @Bintaro	0.0
A1005	Completion of Project Office	0.0
A1006	Completion of Site Office	0.0
<b>TA_FRD.2 PRELIMINARY</b>		389.0
A1007	DOSH	324.0
A1008	Local Councils	389.0
A1009	PPMS	303.0
A1010	HSE & QA/QC Management System	90.0
A1011	Quality Management System	76.0
A1012	Safety Program	326.0
A1013	Preliminary Training	18.0

Gambar 4. 1 Input Data Kegiatan dan Durasi Proyek pada Primavera P6

Sumber : dokumentasi pribadi

Langkah selanjutnya adalah memasukkan data *predecessor* (kegiatan pendahulu) dari tiap-tiap kegiatan proyek. Berdasarkan data yang didapat, hubungan antar kegiatan (*constrain*) yang terdapat pada proyek *onshore pipeline X* ini yaitu FS (*Finish to Start*), SS (*Start to Start*), dan FF (*Finish to Finish*). Untuk penjelasan *constrain* telah dibahas pada bagian teori dasar. Pada Primavera, untuk memasukkan *predecessor* terdapat di kolom *predecessor* pada bagian *activity information*. Tombol *assign* difungsikan untuk menambahkan

*predecessor* pada sebuah kegiatan proyek. Letak tombol *assign* untuk memasukan data *predecessor* ditunjukkan pada gambar 4.2 :



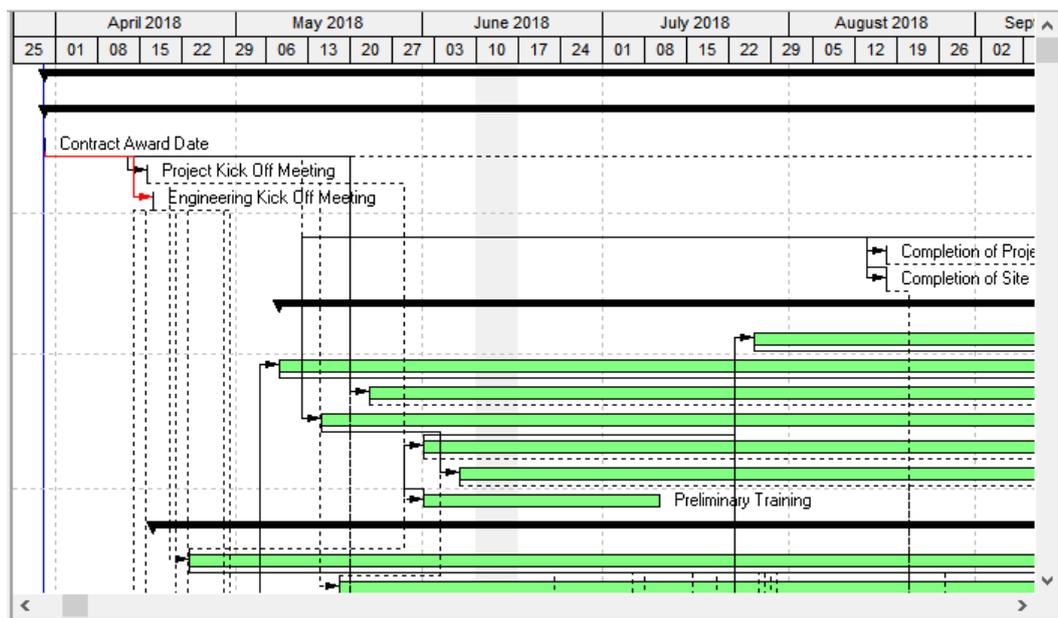
Gambar 4. 2 Pengiputan Data *Predecessor* pada Primavera P6

Sumber : dokumentasi pribadi

Setelah semua data kegiatan, durasi kegiatan, dan *predecessor* telah selesai dan lengkap dimasukan dalam Primavera P6, maka pada bagian kanan jendela *software* akan ditampilkan *ganttt chart* (diagram batang) lengkap dengan garis panah penunjuk hubungan antar kegiatan proyek. Selain bentuk diagram batang (*ganttt chart*), Primavera P6 juga dapat membantu kita dalam membentuk sebuah *network diagram*. *Network diagram* yang dibentuk pada Primavera P6 adalah diagram jenis AON (*Activity On Node*) dimana kegiatan proyek terletak pada *node*.

## 4.2.2 Hasil Output Primavera P6

Primavera P6 juga dapat membantu kita dalam membentuk sebuah *gant chart* dan *network diagram*. *Network diagram* yang dibentuk pada Primavera P6 adalah diagram jenis AON (*Activity On Node*) dimana kegiatan proyek terletak pada *node*. Namun, kelemahannya pada Primavera P6 tidak bisa menunjukkan besar ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Latest Start*), dan LF (*Latest Finish*). Maka dari itu, perlu adanya pembuatan *network diagram* secara manual beserta perhitungan besar ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Latest Start*), dan LF (*Latest Finish*) secara manual. Berikut gambar *gant chart* dari proyek *onshore pipeline X* pada gambar 4.3 :



Gambar 4. 3 Gantt Chart Primavera P6

Sumber : dokumentasi pribadi

## 4.3. Analisis Data dengan Critical Path Analysis

### 4.3.1 Perhitungan *Forward Pass*

Telah dibahas dalam teori dasar, bahwa untuk menghitung besar ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*) digunakan metode perhitungan *forward pass*, dimana dilakukan perhitungan maju dari awal kegiatan proyek hingga akhir kegiatan proyek berdasarkan *network diagram* yang telah dibuat. Perhitungan *forward pass* mengambil hasil yang paling besar dari tiap

perhitungan. Berikut perhitungan rinci ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*) pada tiap-tiap kegiatan proyek dengan metode perhitungan *forward pass* yang bisa dilihat pada tabel 4.2 :

Tabel 4. 2 Perhitungan *Early Start* (ES) dan *Early Finish* (EF)

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Early Finish (EF)</b>
1	<i>Contract Award Date</i>	$ES_1 = 0$	$EF_1 = 0$
2	<i>Project Kick Off Meeting</i>	$ES_2 = EF_1 + 12 = 12$	$EF_2 = ES_2 + 0 = 12$
3	<i>Engineering Kick Off Meeting</i>	$ES_3 = EF_1 + 13 = 13$	$EF_3 = ES_3 + 0 = 13$
4	<i>Completion of Engineering Office @ Bintaro</i>	$ES_4 = EF_1 + 30 = 30$	$EF_4 = ES_4 + 0 = 30$
5	<i>Completion of Site Office</i>	$ES_5 = EF_4 + 55 = 85$	$EF_5 = ES_5 + 0 = 85$
6	<i>Completion of Project Office</i>	$ES_6 = ES_5 + 0 = 85$	$EF_6 = ES_6 + 0 = 85$
7	DOSH	(1) $ES_7 = ES_{11} + 29 = 70$ (2) $ES_7 = ES_{19} + 0 = 19$	$EF_7 = ES_7 + 323 = 393$
8	<i>Local Councils</i>	(1) $ES_8 = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_8 = ES_{18} + 0 = 12$ (3) $ES_8 = ES_{20} + 3 = 26$	$EF_8 = ES_8 + 388 = 414$
9	PPMS ( <i>Pipeline Project Management System</i> )	(1) $ES_9 = EF_1 + 35 = 35$ (2) $ES_9 = ES_{16} + 0 = 19$ (3) $ES_9 = ES_{17} + 0 = 14$ (4) $ES_9 = ES_{18} + 0 = 12$ (5) $ES_9 = ES_{19} + 0 = 19$	$EF_9 = ES_9 + 302 = 337$
10	<i>HSE &amp; QA/QC</i>	(1) $ES_{10} = EF_1 + 0 = 0$ (2) $ES_{10} = EF_4 + 0 = 30$	$EF_{10} = ES_{10} + 90 = 120$
11	<i>Quality Mangament System</i>	(1) $ES_{11} = ES_{13} + 0 = 41$ (2) $ES_{11} = ES_{14} + 0 = 16$	$EF_{11} = ES_{11} + 76 = 117$
12	<i>Safety Program</i>	(1) $ES_{12} = ES_{10} + 15 = 45$ (2) $ES_{12} = ES_{15} + 0 = 32$	$EF_{12} = ES_{12} + 325 = 370$
13	<i>Preliminary Training</i>	$ES_{13} = EF_2 + 29 = 41$	$EF_{13} = ES_{13} + 18 = 59$
14	<i>General Plan</i>	$ES_{14} = EF_2 + 4 = 16$	$EF_{14} = ES_{14} + 84 = 100$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Early Finish (EF)</b>
15	<i>HSE</i>	$ES_{15} = EF_2 + 20 = 32$	$EF_{15} = ES_{15} + 79 = 111$
16	<i>General Engineering</i>	$ES_{16} = EF_3 + 6 = 19$	$EF_{16} = ES_{16} + 86 = 105$
17	<i>Process</i>	$ES_{17} = EF_3 + 1 = 14$	$EF_{17} = ES_{17} + 68 = 82$
18	<i>Pipeline</i>	$ES_{18} = EF_3 - 1 = 12$	$EF_{18} = ES_{18} + 87 = 99$
19	<i>Mechanical &amp; Piping</i>	$ES_{19} = EF_3 + 6 = 19$	$EF_{19} = ES_{19} + 92 = 111$
20	<i>Civil &amp; Structure</i>	$ES_{20} = EF_3 + 10 = 23$	$EF_{20} = ES_{20} + 88 = 101$
21	<i>Electrical</i>	$ES_{21} = EF_3 + 9 = 22$	$EF_{21} = ES_{21} + 105 = 127$
22	<i>Instrumentation</i>	$ES_{22} = EF_3 + 6 = 19$	$EF_{22} = ES_{22} + 107 = 126$
23	<i>Method Statement</i>	$ES_{23} = EF_3 + 4 = 17$	$EF_{23} = ES_{22} + 104 = 121$
24	<i>Quick Opening Closure</i>	(1) $ES_{24} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{24} = ES_{19} + 48 = 67$	$EF_{24} = ES_{24} + 197 = 264$
25	<i>Actuated Valves</i>	(1) $ES_{25} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{25} = ES_{18} + 0 = 12$ (3) $ES_{25} = ES_{22} + 55 = 74$	$EF_{25} = ES_{25} + 272 = 346$
26	<i>Valves</i>	(1) $ES_{26} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{26} = ES_{19} + 99 = 118$	$EF_{26} = ES_{26} + 202 = 320$
27	<i>Ultra Sonic Meter (USM)</i>	(1) $ES_{25} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{25} = ES_{22} + 54 = 73$	$EF_{27} = ES_{27} + 252 = 325$
28	<i>Dry Gas Filter</i>	(1) $ES_{28} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{28} = ES_{19} + 38 = 57$	$EF_{28} = ES_{28} + 262 = 319$
29	<i>Scrapper Barrel</i>	(1) $ES_{29} = ES_{14} + 99 = 115$ (2) $ES_{29} = EF_{18} + 0 = 12$ (3) $ES_{29} = EF_{19} + 0 = 19$ (4) $ES_{29} = ES_{24} + 0 = 67$	$EF_{29} = ES_{29} + 189 = 304$
30	<i>UPS</i>	(1) $ES_{30} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{30} = ES_{21} + 53 = 75$	$EF_{30} = ES_{30} + 287 = 362$
31	<i>SCADA</i>	(1) $ES_{31} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{31} = ES_{22} + 75 = 94$	$EF_{31} = ES_{31} + 254 = 348$
32	<i>Monolithic Isolation Joint</i>	(1) $ES_{32} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{32} = ES_{18} + 0 = 12$ (3) $ES_{32} = ES_{21} + 43 = 65$	$EF_{32} = ES_{32} + 247 = 312$
33	<i>Cathodic Protection</i>	$ES_{33} = ES_{14} + 32 = 48$	$EF_{33} = ES_{33} + 242 = 290$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Early Finish (EF)</b>
34	<i>Hot Induction Bend</i>	(1) $ES_{34} = ES_{14} + 0 = 16$ (2) $ES_{34} = ES_{18} + 47 = 59$	$EF_{34} = ES_{34} + 92 = 151$
36	<i>Bulk Material Station</i>	(1) $ES_{36} = ES_{19} + 71 = 90$ (2) $ES_{36} = ES_{21} + 0 = 22$	$EF_{36} = ES_{36} + 216 = 306$
37	<i>Pipeline Procurement</i>	$ES_{37} = ES_{18} + 40 = 52$	$EF_{37} = ES_{37} + 117 = 169$
38	<i>Site Preparation</i>	(1) $ES_{38} = EF_6 + 0 = 85$ (2) $ES_{38} = EF_{12} + 0 = 45$ (3) $ES_{38} = EF_{14} + 0 = 16$ (4) $ES_{38} = ES_{16} + 87 = 106$	$EF_{38} = ES_{38} + 72 = 178$
39	<i>Pipeline Installation</i>	1) $ES_{39} = ES_8 + 126 = 152$ (2) $ES_{39} = ES_9 + 0 = 35$ (3) $ES_{39} = EF_{10} + 0 = 30$ (4) $ES_{39} = ES_{11} + 0 = 41$ (5) $ES_{39} = ES_{12} + 0 = 45$ (6) $ES_{39} = EF_{20} + 0 = 101$ (7) $ES_{39} = EF_{23} + 0 = 121$ (8) $ES_{39} = ES_{34} + 0 = 59$ (9) $ES_{39} = ES_{38} + 0 = 106$	$EF_{39} = ES_{39} + 293 = 445$
40	<i>Crossing</i>	(1) $ES_{40} = ES_7 + 0 = 70$ 2) $ES_{40} = ES_8 + 200 = 226$ (3) $ES_{40} = ES_{37} + 0 = 52$ (4) $ES_{40} = EF_{40} - 187 = 103$	$EF_{40} = ES_{40} + 187 = 413$ $EF_{40} = EF_{33} + 0 = 290$
41	<i>Civil – Pipeline Work</i>	1) $ES_{41} = ES_7 + 126 = 70$ (2) $ES_{41} = ES_8 + 0 = 26$ (3) $ES_{41} = EF_{20} + 161 = 262$ (4) $ES_{41} = EF_{38} + 0 = 178$ (5) $ES_{41} = ES_{39} + 0 = 152$	$EF_{41} = ES_{41} + 195 = 457$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Early Finish (EF)</b>
42	<i>Station Facilities</i>	(1) $ES_{42} = ES_7 + 38 = 158$ (2) $ES_{42} = ES_8 + 0 = 26$ (3) $ES_{42} = EF_{20} + 0 = 101$ (4) $ES_{42} = EF_{22} + 0 = 126$ (5) $ES_{42} = ES_{26} + 0 = 118$ (6) $ES_{42} = ES_{27} + 0 = 73$ (7) $ES_{42} = ES_{28} + 0 = 57$ (8) $ES_{42} = ES_{29} + 0 = 115$ (9) $ES_{42} = ES_{30} + 0 = 75$ (10) $ES_{42} = ES_{31} + 0 = 54$ (11) $ES_{42} = ES_{36} + 0 = 50$	$EF_{42} = ES_{43} + 285 = 443$
43	<i>Precommissioning Pipeline</i>	(1) $ES_{43} = ES_{32} + 0 = 65$ (2) $ES_{43} = ES_{36} + 248 = 338$ (3) $ES_{43} = EF_{37} - 22 = 147$	$EF_{43} = ES_{43} + 91 = 429$
44	<i>Precommissioning Station</i>	$ES_{44} = EF_{44} - 38 = 398$	$EF_{44} = EF_{42} - 7 = 436$
45	<i>Precommissioning Cathodic Protection</i>	$ES_{45} = EF_{40} + 0 = 413$	$EF_{45} = ES_{45} + 28 = 441$
46	<i>Pipeline Golden Joint</i>	(1) $ES_{46} = ES_{25} + 0 = 346$ (2) $ES_{46} = ES_{42} + 0 = 158$ (3) $ES_{46} = EF_{43} + 0 = 429$	$EF_{46} = ES_{46} + 26 = 455$
47	<i>Hot Tap 01</i>	(1) $ES_{47} = EF_{35} + 128 = 370$ (2) $ES_{47} = ES_{43} + 0 = 338$	$EF_{47} = ES_{47} + 71 = 441$
48	<i>Hot Tap 02</i>	$ES_{48} = ES_{47} + 0 = 370$	$EF_{48} = ES_{48} + 72 = 442$
49	<i>Hot Tap 03</i>	$ES_{49} = ES_{48} + 2 = 372$	$EF_{49} = ES_{49} + 71 = 443$
50	<i>Mechanical Completion</i>	(1) $ES_{50} = EF_9 + 0 = 337$ (2) $ES_{50} = EF_{12} + 0 = 370$ (3) $ES_{50} = EF_{42} + 0 = 443$ (4) $ES_{50} = EF_{51} + 1 = 463$	$EF_{50} = ES_{50} + 0 = 463$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Early Finish (EF)</b>
51	<i>N2 Purging + Preparation</i>	(1) $ES_{51} = ES_8 + 126 = 152$ (2) $ES_{51} = ES_9 + 0 = 35$ (3) $ES_{51} = EF_{10} + 0 = 30$ (4) $ES_{51} = ES_{11} + 0 = 41$ (5) $ES_{51} = ES_{12} + 0 = 45$ (6) $ES_{51} = EF_{20} + 0 = 101$	$EF_{51} = ES_{51} + 7 = 462$
52	<i>Commissioning Pipeline</i>	(1) $ES_{52} = EF_{47} + 0 = 441$ (2) $ES_{52} = EF_{48} + 0 = 442$ (3) $ES_{52} = EF_{49} + 0 = 443$	$EF_{52} = ES_{52} + 5 = 448$
53	<i>Commissioning Station</i>	$ES_{53} = ES_{44} + 31 = 429$	$EF_{53} = ES_{53} + 18 = 447$
54	<i>Commissioning Cathodic Protection</i>	$ES_{54} = ES_{45} + 0 = 441$	$EF_{54} = ES_{54} + 32 = 473$
55	<i>1st Gas In</i>	(1) $ES_{55} = ES_5 + 0 = 85$ (2) $ES_{55} = EF_9 + 0 = 337$ (3) $ES_{55} = EF_{12} + 0 = 370$ (4) $ES_{55} = EF_{20} + 0 = 101$ (5) $ES_{55} = EF_{41} + 0 = 457$ (6) $ES_{55} = ES_{20} + 0 = 448$	$EF_{55} = ES_{55} + 0 = 457$
56	<i>Start Up &amp; Performance Test</i>	(1) $ES_{56} = EF_{52} + 0 = 448$ (2) $ES_{56} = EF_{53} + 0 = 447$ (3) $ES_{56} = EF_{54} + 0 = 473$ (4) $ES_{56} = EF_{55} - 1 = 456$	$EF_{56} = ES_{56} + 37 = 510$
57	<i>Hand Over Document</i>	$ES_{57} = ES_{43} + 55 = 393$	$EF_{57} = ES_{57} + 186 = 579$
58	<i>Initial Acceptance</i>	(1) $ES_{58} = EF_{50} + 0 = 463$ (2) $ES_{58} = EF_{57} + 0 = 579$	$EF_{58} = ES_{58} + 0 = 579$

#### 4.3.2 Perhitungan Backward Pass

Setelah melakukan perhitungan *forward pass* dan menghitung besar ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*), maka langkah selanjutnya adalah menghitung secara *backward pass*. Telah dibahas juga sebelumnya dalam teori dasar, bahwa untuk menghitung besar LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*)

digunakan metode perhitungan *backward pass*, dimana dilakukan perhitungan mundur dari akhir kegiatan proyek hingga awal kegiatan proyek berdasarkan *network diagram* yang telah dibuat. Perhitungan *backward pass* mengambil hasil yang paling kecil dari tiap perhitungan. Berikut perhitungan rinci LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*) pada tiap-tiap kegiatan proyek dengan metode perhitungan *backward pass* yang bisa dilihat pada tabel 4.3 :

Tabel 4. 3 Perhitungan *Backward Pass*

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b><i>Latest Start (LS)</i></b>	<b><i>Latest Finish (LF)</i></b>
58	<i>Initial Acceptance</i>	$LS_{58} = ES_{58} = 0$	$LF_{58} = EF_{58} = 0$
57	<i>Hand Over Document</i>	$LS_{57} = LF_{57} - 186 = 393$	$LF_{57} = LS_{58} = 579$
56	<i>Start Up &amp; Performance Test</i>	$LS_{56} = LF_{56} - 37 = 542$	$LF_{56} = LF_{57} = 579$
55	<i>1st Gas In</i>	$LS_{55} = LF_{55} - 0 = 543$	$LF_{55} = LS_{56} + 1 = 543$
54	<i>Commissioning Cathodic Protection</i>	$LS_{54} = LF_{54} - 32 = 510$	$LF_{54} = LS_{56} + 0 = 542$
53	<i>Commissioning Station</i>	$LS_{53} = LF_{53} - 18 = 524$	$LF_{53} = LS_{56} + 0 = 542$
52	<i>Commissioning Pipeline</i>	$LS_{52} = LF_{52} - 5 = 537$	$LF_{52} = LS_{56} + 0 = 542$
51	<i>N2 Purging + Preparation</i>	$LS_{51} = LF_{51} - 7 = 571$	$LF_{51} = LS_{50} - 1 = 578$
50	<i>Mechanical Completion</i>	$LS_{50} = LF_{50} - 0 = 579$	$LF_{50} = LS_{58} + 0 = 579$
49	<i>Hot Tap 03</i>	(1) $LS_{49} = LF_{49} - 71 = 466$ (2) $LS_{49} = LS_{51} + 0 = 571$	(1) $LF_{49} = LS_{52} + 0 = 537$ (2) $LF_{49} = LS_{49} + 71 = 642$
48	<i>Hot Tap 02</i>	(1) $LS_{48} = LF_{51} + 0 = 571$ (2) $LS_{48} = LF_{48} - 72 = 465$	(1) $LF_{48} = LS_{48} + 72 = 643$ (2) $LF_{48} = LS_{52} + 0 = 537$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Latest Finish (LF)</b>
47	<i>Hot Tap 01</i>	(1) $LS_{47} = LS_{48} + 0 = 465$ (2) $LS_{47} = LS_{51} - 0 = 571$ (3) $LS_{47} = LF_{47} - 72 = 466$	(1) $LF_{47} = LS_{47} + 71 = 536$ (2) $LF_{47} = LS_{47} + 71 = 642$ (3) $LF_{47} = LS_{52} = 537$
46	<i>Pipeline Golden Joint</i>	$LS_{46} = LF_{46} - 26 = 545$	$LF_{46} = LS_{51} = 571$
45	<i>Precommissioning Cathodic Protection</i>	(1) $LS_{45} = LF_{45} - 28 = 465$ (2) $LS_{45} = LF_{45} - 28 = 482$	(1) $LF_{45} = LS_{51} = 571$ (2) $LF_{45} = LS_{54} = 510$
44	<i>Precommissioning Station</i>	(1) $LS_{44} = LF_{44} - 38 = 533$ (2) $LS_{44} = LF_{44} - 38 = 486$	(1) $LF_{44} = LS_{51} = 571$ (2) $LF_{44} = LS_{53} = 524$
43	<i>Precommissioning Pipeline</i>	(1) $LS_{43} = LF_{44} - 91 = 454$ (2) $LS_{43} = LS_{44} = 465$ (3) $LS_{43} = LS_{57} - 55 = 338$	(1) $LF_{43} = LS_{46} = 545$ (2) $LF_{43} = LS_{43} + 91 = 556$ (3) $LF_{43} = LS_{43} + 91 = 429$
42	<i>Station Facilities</i>	(1) $LS_{42} = LF_{44} - 285 = 246$ (2) $LS_{42} = LS_{46} = 545$ (3) $LS_{42} = LS_{57} - 55 = 338$	(1) $LF_{42} = LF_{44} + 7 = 531$ (2) $LF_{42} = LS_{43} + 91 = 830$ (3) $LF_{42} = LS_{50} - 1 = 578$
41	<i>Civil &amp; Pipeline Work</i>	$LS_{41} = LF_{41} - 195 = 348$	$LF_{41} = LS_{55} = 543$
40	<i>Crossing</i>	$LS_{40} = LF_{40} - 187 = 295$	$LF_{40} = LS_{45} = 482$
39	<i>Pipeline Installation</i>	$LS_{39} = LS_{41} = 348$	$LF_{39} = LS_{39} + 293 = 641$
38	<i>Site Preparation</i>	$LS_{38} = LS_{39} = 348$	$LF_{38} = LS_{38} + 72 = 420$
37	<i>Pipeline Procurement</i>	(1) $LS_{37} = LS_{40} = 295$ (2) $LS_{37} = LF_{37} - 117 = 243$	(1) $LF_{37} = LF_{44} + 117 = 412$ (2) $LF_{37} = LS_{43} + 22 = 360$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Latest Finish (LF)</b>
36	<i>Bulk Material Station</i>	(1) $LS_{36} = LS_{42} = 246$ (2) $LS_{36} = LS_{43} - 248 = 90$	(1) $LF_{36} = LF_{36} + 216 = 462$ (2) $LF_{36} = LS_{36} + 216 = 306$
35	<i>Hot Tap Material</i>	$LS_{35} = LF_{35} - 170 = 167$	$LF_{35} = LS_{47} - 128 = 337$
34	<i>Hot Induction Bend</i>	$LS_{34} = LS_{39} = 348$	$LF_{34} = LS_{34} + 92 = 440$
33	<i>Cathodic Protection</i>	$LS_{33} = LF_{33} - 242 = 240$	$LF_{33} = LF_{40} = 482$
32	<i>Monolithic Isolation Joint</i>	$LS_{32} = LS_{43} = 338$	$LF_{32} = LS_{32} + 247 = 585$
31	<i>SCADA</i>	$LS_{31} = LS_{42} = 246$	$LF_{31} = LS_{31} + 254 = 500$
30	<i>UPS</i>	$LS_{30} = LS_{42} = 246$	$LF_{30} = LS_{30} + 287 = 533$
29	<i>Scrapers Barrel</i>	$LS_{29} = LS_{42} = 246$	$LF_{29} = LS_{29} + 189 = 435$
28	<i>Dry Gas Filter</i>	$LS_{28} = LS_{42} = 246$	$LF_{28} = LS_{28} + 262 = 508$
27	<i>Ultra Sonic Meter (USM)</i>	$LS_{27} = LS_{42} = 246$	$LF_{27} = LS_{27} + 252 = 498$
26	<i>Valves</i>	$LS_{26} = LS_{42} = 246$	$LF_{26} = LS_{26} + 202 = 448$
25	<i>Actuated Valves</i>	$LS_{25} = LF_{25} - 272 = 273$	$LF_{25} = LS_{46} = 545$
24	<i>Quick Opening Closure</i>	$LS_{24} = LS_{29} = 246$	$LF_{24} = LS_{24} + 197 = 443$
23	<i>Method Statement</i>	$LS_{23} = LF_{23} - 104 = 244$	$LF_{23} = LS_{39} = 348$
22	<i>Instrumentation</i>	(1) $LS_{22} = LS_{25} - 55 = 218$ (2) $LS_{22} = LS_{27} - 54 = 192$ (3) $LS_{22} = LS_{31} - 75 = 171$ (4) $LS_{22} = LF_{22} - 107 = 139$	(1) $LF_{22} = LS_{22} + 107 = 325$ (2) $LF_{22} = LS_{22} + 107 = 299$ (3) $LF_{22} = LS_{22} + 107 = 278$ (4) $LF_{22} = LS_{42} = 246$
21	<i>Electrical</i>	(1) $LS_{21} = LS_{30} - 53 = 193$ (2) $LS_{21} = LS_{32} - 43 = 295$ (3) $LS_{21} = LS_{36} = 90$	(1) $LF_{21} = LS_{21} + 105 = 298$ (2) $LF_{21} = LS_{22} + 105 = 400$ (3) $LF_{21} = LS_{22} + 105 = 195$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Latest Finish (LF)</b>
20	<i>Civil &amp; Structure</i>	(1) $LS_{20} = LS_8 - 3 = 94$ (2) $LS_{20} = LF_{20} - 88 = 260$ (3) $LS_{20} = LF_{20} - 88 = 99$ (4) $LS_{20} = LF_{20} - 88 = 158$	(1) $LF_{20} = LS_{22} + 88 = 182$ (2) $LF_{20} = LS_{39} = 348$ (3) $LF_{20} = LS_{41} - 161 = 187$ (4) $LF_{20} = LS_{42} = 246$
19	<i>Mechanical &amp; Piping</i>	(1) $LS_{19} = LS_7 = 158$ (2) $LS_{19} = LS_9 = 241$ (3) $LS_{19} = LS_{24} - 48 = 198$ (4) $LS_{19} = LS_{26} - 99 = 147$ (5) $LS_{19} = LS_{28} - 38 = 193$ (6) $LS_{19} = LF_{20} - 88 = 99$ (7) $LS_{19} = LS_{36} - 71 = 19$	(1) $LF_{19} = LS_{19} + 92 = 250$ (2) $LS_{19} = LS_{19} + 92 = 333$ (3) $LF_{19} = LS_{19} + 92 = 290$ (4) $LF_{19} = LS_{19} + 92 = 239$ (5) $LF_{19} = LS_{19} + 92 = 285$ (6) $LF_{19} = LS_{29} = 246$ (7) $LF_{19} = LS_{19} + 92 = 111$
18	<i>Pipeline</i>	(1) $LS_{18} = LS_8 = 95$ (2) $LS_{18} = LS_9 = 241$ (3) $LS_{18} = LS_{25} = 273$ (4) $LS_{18} = LF_{18} - 87 = 159$ (5) $LS_{18} = LS_{32} = 338$ (6) $LS_{18} = LS_{34} - 47 = 301$ (7) $LS_{18} = LS_{35} - 60 = 107$ (8) $LS_{18} = LS_{37} - 40 = 203$	(1) $LF_{18} = LS_{18} + 87 = 182$ (2) $LF_{18} = LS_{18} + 87 = 328$ (3) $LF_{18} = LS_{18} + 87 = 360$ (4) $LF_{18} = LS_{29} = 246$ (5) $LF_{18} = LS_{18} + 87 = 425$ (6) $LF_{18} = LF_{20} + 87 = 388$ (7) $LF_{18} = LS_{18} + 87 = 194$ (8) $LF_{18} = LS_{18} + 87 = 290$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Latest Finish (LF)</b>
17	<i>Process</i>	$LS_{17} = LS_9 = 241$	$LF_{17} = LS_{17} + 68 = 309$
16	<i>General Engineering</i>	(1) $LS_{16} = LS_9 = 241$ (2) $LS_{16} = LS_{38} - 87 = 263$	(1) $LF_{16} = LS_{16} + 86 = 327$ (2) $LF_{16} = LS_{16} + 86 = 349$
15	<i>HSE</i>	$LS_{15} = LS_{12} = 218$	$LF_{15} = LS_{15} + 79 = 297$
14	<i>General Plan</i>	(1) $LS_{14} = LS_8 = 95$ (2) $LS_{14} = LS_{11} = 129$ (3) $LS_{14} = LS_{24} = 246$ (4) $LS_{14} = LS_{25} = 273$ (5) $LS_{14} = LS_{26} = 246$ (6) $LS_{14} = LS_{27} = 246$ (7) $LS_{14} = LS_{28} = 246$ (8) $LS_{14} = LS_{29} - 99 = 147$ (9) $LS_{14} = LS_{30} = 246$ (10) $LS_{14} = LS_{31} = 246$ (11) $LS_{14} = LS_{32} = 338$ (12) $LS_{14} = LF_{33} = 240$ (13) $LS_{14} = LS_{34} = 248$ (14) $LS_{14} = LS_{35} = 167$ (15) $LS_{14} = LS_{38} = 350$	(1) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 179$ (2) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 213$ (3) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 330$ (4) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 357$ (5) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 330$ (6) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 330$ (7) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 330$ (8) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 231$ (9) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 330$ (10) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 330$ (11) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 422$ (12) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 324$ (13) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 332$ (14) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 251$ (15) $LF_{14} = LS_{14} + 84 = 434$
13	<i>Preliminary Training</i>	$LS_{18} = LS_{11} = 129$	$LF_{18} = LS_{18} + 18 = 147$
12	<i>Safety Program</i>	(1) $LS_{12} = LS_{38} = 350$ (2) $LS_{12} = LS_{39} = 348$ (3) $LS_{12} = LF_{12} - 325 = 254$ (4) $LS_{12} = LF_{11} - 325 = 218$	(1) $LF_{12} = LS_{38} + 325 = 675$ (2) $LF_{12} = LS_{38} + 325 = 673$ (3) $LF_{12} = LS_{50} = 579$ (4) $LF_{12} = LS_{51} = 543$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Latest Finish (LF)</b>
11	<i>Quality Management System</i>	(1) $LS_{11} = LS_7 - 29 = 129$ (2) $LS_{11} = LS_{39} = 348$	(1) $LF_{11} = LS_{11} + 76 = 205$ (2) $LF_{11} = LS_{11} + 76 = 424$
10	<i>HSES QA/QC</i>	(1) $LS_{10} = LS_{12} - 15 = 203$ (2) $LS_{10} = LS_{10} - 90 = 258$	(1) $LF_{10} = LS_{10} + 90 = 293$ (2) $LF_{11} = LS_{39} = 348$
9	<i>PPMS</i>	(1) $LS_9 = LS_{39} = 348$ (2) $LS_9 = LF_9 - 302 = 277$ (3) $LS_9 = LF_{55} - 302 = 241$	(1) $LF_9 = LS_9 + 302 = 650$ (2) $LF_9 = LS_{50} = 579$ (3) $LF_9 = LS_{55} = 543$
8	<i>Local Councils</i>	(1) $LS_8 = LS_{39} - 126 = 222$ (2) $LS_8 = LS_{40} - 200 = 95$ (3) $LS_8 = LS_{41} = 348$ (4) $LS_8 = LF_8 - 388 = 155$	(1) $LF_8 = LS_8 + 388 = 610$ (2) $LF_8 = LS_8 + 388 = 483$ (3) $LF_8 = LS_8 + 388 = 736$ (4) $LF_8 = LS_{55} = 543$
7	<i>DOSH</i>	(1) $LS_7 = LS_{40} = 295$ (2) $LS_7 = LS_{41} = 348$ (3) $LS_7 = LS_{42} - 88 = 158$	(1) $LF_7 = LS_7 + 323 = 618$ (2) $LF_7 = LS_7 + 323 = 671$ (3) $LF_7 = LS_7 + 323 = 481$
6	<i>Completion of Project Office</i>	$LS_6 = LS_{38} = 350$	$LF_6 = LS_6 + 0 = 350$
5	<i>Completion of Site Office</i>	$LS_5 = LS_6 = 350$	$LF_7 = LS_7 + 0 = 350$
4	<i>Completion of Engineering Office @ Bintaro</i>	(1) $LS_4 = LF_4 - 0 = 294$ (2) $LS_4 = LF_4 - 0 = 203$	(1) $LF_7 = LS_5 - 55 = 294$ (2) $LF_7 = LS_{10} = 203$

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Latest Finish (LF)</b>
3	<i>Engineering Kick Off Meeting</i>	(1) $LS_3 = LF_4 - 0 = 240$ (2) $LS_3 = LF_4 - 0 = 240$ (3) $LS_3 = LF_4 - 0 = 96$ (4) $LS_3 = LF_4 - 0 = 13$ (5) $LS_3 = LF_4 - 0 = 84$ (6) $LS_3 = LF_4 - 0 = 81$ (7) $LS_3 = LF_4 - 0 = 133$ (8) $LS_3 = LF_4 - 0 = 240$	(1) $LF_3 = LS_{16} - 5 = 240$ (2) $LF_3 = LS_{17} - 1 = 240$ (3) $LF_3 = LS_{18} + 1 = 96$ (4) $LF_3 = LS_{19} - 6 = 13$ (5) $LF_3 = LS_{20} - 10 = 84$ (6) $LF_3 = LS_{21} - 9 = 81$ (7) $LF_3 = LS_{22} - 6 = 133$ (8) $LF_3 = LS_{23} - 4 = 240$
2	<i>Project Kick Off Meeting</i>	(1) $LS_3 = LF_3 - 0 = 100$ (2) $LS_3 = LF_3 - 0 = 91$ (3) $LS_3 = LF_3 - 0 = 198$	(1) $LF_2 = LS_{13} - 29 = 100$ (2) $LF_2 = LS_{14} - 4 = 91$ (3) $LF_2 = LS_{15} - 20 = 198$
1	<i>Contract Award Date</i>	(1) $LS_1 = LF_1 - 0 = 79$ (2) $LS_1 = LF_1 - 0 = 0$ (3) $LS_1 = LF_1 - 0 = 273$ (4) $LS_1 = LF_1 - 0 = 206$ (5) $LS_1 = LF_1 - 0 = 203$	(1) $LF_1 = LS_2 - 12 = 79$ (2) $LF_1 = LS_3 - 13 = 0$ (3) $LF_1 = LS_4 - 30 = 273$ (4) $LF_1 = LS_9 - 35 = 206$ (5) $LF_1 = LS_{10} = 203$

### 4.3.3 Perhitungan *Float*

Setelah menghitung besar ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*) dengan menggunakan perhitungan *forward pass* dan menghitung besar LS (*Latest Start*), LF (*Latest Finish*) dengan menggunakan *backward pass*, maka langkah selanjutnya adalah menghitung besar *float* pada tiap-tiap kegiatan dimana besar *float* dapat dihitung dengan selisih dari besar LS (*Latest Start*) dan ES (*Early Start*), atau LF (*Latest Finish*) dan EF (*Early Finish*). Berikut tabel perhitungan *float* yang bisa dilihat pada tabel 4.4 :

Tabel 4. 4 Perhitungan *Float* pada Kegiatan Proyek

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Float</b>
1	<i>Contract Award Date</i>	0	0	0
2	<i>Project Kick Off Meeting</i>	12	91	79

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Float</b>
3	<i>Engineering Kick Off Meeting</i>	13	13	0
4	<i>Completion of Engineering Office @ Bintaro</i>	30	203	173
5	<i>Completion of Site Office</i>	85	349	264
6	<i>Completion of Project Office</i>	85	349	264
7	<i>DOSH</i>	70	158	88
8	<i>Local Councils</i>	26	95	69
9	<i>PPMS (Pipeline Project Management System)</i>	35	241	206
10	<i>HSE &amp; QA/QC</i>	30	203	173
11	<i>Quality Mangament System</i>	41	129	88
12	<i>Safety Program</i>	45	218	173
13	<i>Preliminary Training</i>	41	129	88
14	<i>General Plan</i>	16	95	79
15	<i>HSE</i>	32	218	186
16	<i>General Engineering</i>	19	241	222
17	<i>Process</i>	14	241	227
18	<i>Pipeline</i>	12	95	83
19	<i>Mechanical &amp; Piping</i>	19	19	0
20	<i>Civil &amp; Structure</i>	23	94	71
21	<i>Electrical</i>	24	94	70
22	<i>Instrumentation</i>	19	139	120
23	<i>Method Statement</i>	17	244	227
24	<i>Quick Opening Closure</i>	67	246	179
25	<i>Actuated Valves</i>	74	273	199
26	<i>Valves</i>	118	246	128
27	<i>Ultra Sonic Meter (USM)</i>	73	246	173
28	<i>Dry Gas Filter</i>	57	246	189
29	<i>Scraper Barrel</i>	115	246	131

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Float</b>
30	<i>UPS</i>	75	246	171
31	<i>SCADA</i>	94	246	152
32	<i>Monolithic Isolation Joint</i>	65	338	273
33	<i>Cathodic Protection</i>	48	240	192
34	<i>Hot Induction Bend</i>	59	348	289
35	<i>Hot Tap Material</i>	72	167	95
36	<i>Bulk Material Station</i>	90	90	0
37	<i>Pipeline Procurement</i>	52	243	191
38	<i>Site Preparation</i>	106	350	244
39	<i>Pipeline Installation</i>	152	348	196
40	<i>Crossing</i>	226	295	69
41	<i>Civil – Pipeline Work</i>	262	348	86
42	<i>Station Facilities</i>	158	246	88
43	<i>Precommissioning Pipeline</i>	338	338	0
44	<i>Precommissioing Station</i>	398	486	88
45	<i>Precommissioning Cathodic Protection</i>	413	482	69
46	<i>Pipeline Golden Joint</i>	429	545	116
47	<i>Hot Tap 01</i>	370	465	95
48	<i>Hot Tap 02</i>	370	465	95
49	<i>Hot Tap 03</i>	372	466	94
50	<i>Mechanical Completion</i>	463	579	116
51	<i>N2 Purging + Preparation</i>	455	571	116
52	<i>Commissioning Pipeline</i>	443	537	94
53	<i>Commissioning Station</i>	429	524	95
54	<i>Commissioning Cathodic Protection</i>	441	510	69
55	<i>1st Gas In</i>	457	543	86
56	<i>Start Up &amp; Performance Test</i>	473	542	69

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Float</b>
57	<i>Hand Over Document</i>	393	393	0
58	<i>Initial Acceptance</i>	579	579	0

#### 4.3.4 Penentuan Critical Path

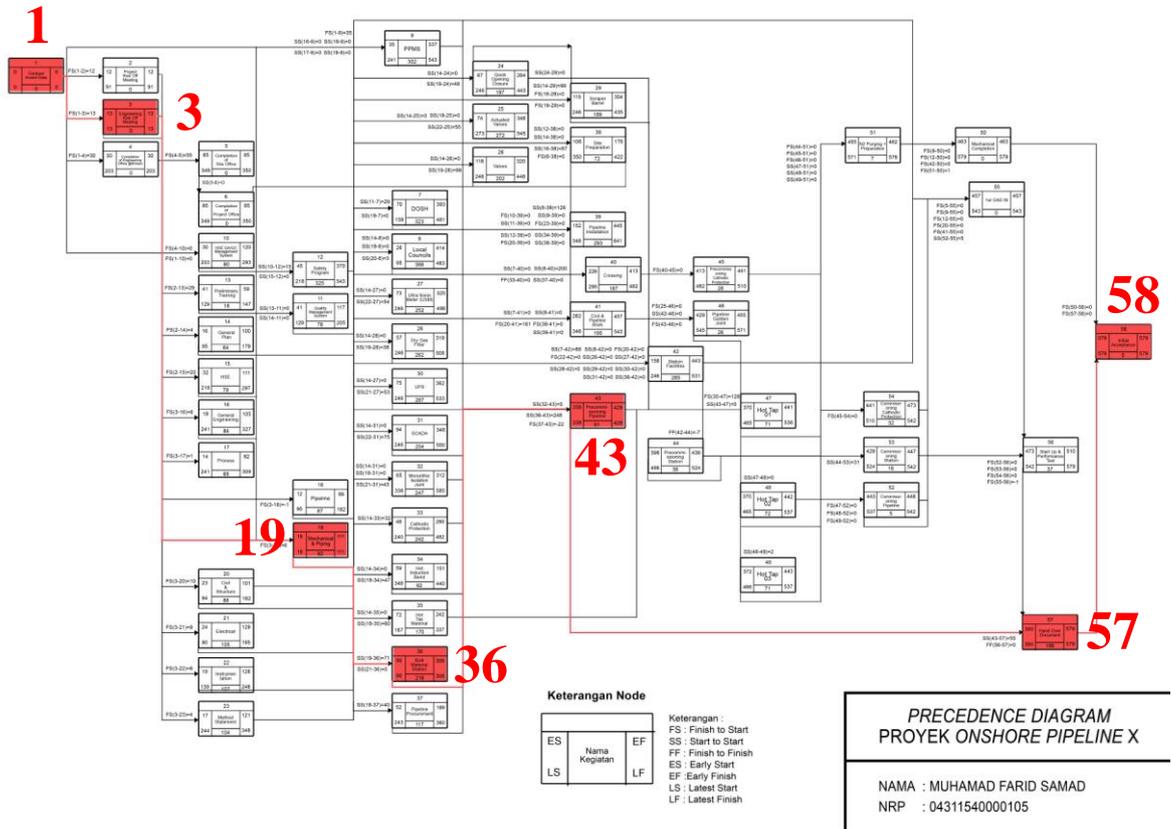
Setelah menghitung besar semua *float* pada tiap-tiap kegiatan proyek, maka didapatkan daftar kegiatan-kegiatan kritis (*critical activities*) yang dimana besar *float* dari kegiatan tersebut adalah 0. Kegiatan-kegiatan kritis tersebut membentuk sebuah jalur kritis (*critical path*) yang dimana apabila salah satu atau lebih dari kegiatan proyek mengalami keterlambatan, akan mengakibatkan proyek mengalami keterlambatan. Maka dari itu, kegiatan yang ada pada lintasan kritis perlu pengawasan yang lebih dalam ketepatan penyelesaiannya. Namun, tidak berarti kegiatan yang lain tidak memerlukan pengawasan dalam penyelesaiannya. Berikut daftar kegiatan kritis proyek *onshore pipeline X* yang dapat dilihat pada tabel 4.5 :

Tabel 4. 5 Kegiatan Kritis pada *Onshore Pipeline X*

<b>Activity ID No.</b>	<b>Nama Kegiatan</b>	<b>Early Start (ES)</b>	<b>Latest Start (LS)</b>	<b>Float</b>
1	<i>Contract Award Date</i>	0	0	0
3	<i>Engineering Kick Off Meeting</i>	13	13	0
19	<i>Mechanical &amp; Piping</i>	19	19	0
36	<i>Bulk Material Station</i>	90	90	0
43	<i>Precommissioning Pipeline</i>	338	338	0
57	<i>Hand Over Document</i>	393	393	0
58	<i>Initial Acceptance</i>	579	579	0

Pada gambar 4.4 dapat dilihat letak kegiatan kritis pada *precedence diagram* sesuai *activity ID*. *Node* kegiatan yang diwarnai dengan warna merah menunjukkan kegiatan kritis (*critical activity*) dan arah panah warna merah

menunjukkan jalur kritis (*critical path*). *Precedence diagram* juga dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4. 4 Kegiatan Kritis pada *Onshore Pipeline X*

Sumber : dokumentasi pribadi

#### 4.4 Analisa Fault Tree dan Event Tree

##### 4.4.1 Menentukan *Top Event* pada FTA dan *Initiating Event* ETA

*Top Event* pada FTA dan *Initiating Event* pada ETA yang diteliti dalam Tugas Akhir ini adalah keterlambatan proyek *onshore pipeline X* di Melaka. Dalam penyusunan FTA dibantu dengan *software Top Event* FTA, dimana dilakukan input data *basic event*, *intermediate event*, dan *top event* beserta probabilitas dari tiap-tiap *basic event*. Selanjutnya, untuk ETA tidak memakai bantuan *software*. Penelitian hanya membuat diagram berdasarkan data hasil wawancara responden terhadap *pivotal event* dan *output* pada ETA.

#### 4.4.2 Menentukan *Basic Event* pada FTA

Penentuan *basic event* dilakukan dengan melakukan *review* literatur dan validasi oleh responden wawancara tentang faktor-faktor keterlambatan proyek konstruksi dan faktor-faktor keterlambatan proyek konstruksi *onshore pipeline*. Berikut daftar *basic event* beserta sumbernya yang dapat dilihat pada tabel 4.6 :

Tabel 4. 6 *Basic Event* FTA dan Sumber Literatur

No.	<i>Basic Event</i>	Sumber
1	Kurang teliti dalam mendeteksi <i>hazard</i>	(validasi responden wawancara)
2	Metode yang dipakai dalam penilaian risiko kurang tepat	(validasi responden wawancara)
3	Dokumen perizinan telat dibuat	(validasi responden wawancara)
4	Dokumen perizinan telat diterima	(validasi responden wawancara)
5	Perselisihan dengan penduduk sekitar lokasi proyek	(Renaldhi, 2011), (Aziz, 2013)
6	Terjadi perubahan-perubahan dalam regulasi dan hukum pemerintah	(Renaldhi, 2011), (Mangare & Prataxis, 2016)
7	Perencanaan dan pembuatan prosedur proyek masih kurang matang	(Kurniawan, 2011), (Renaldhi, 2011), (Gebrehiwet & Luo, 2017), (Mohammed & Suliman, 2019)
8	Desain awal tidak jelas	(Aziz, 2013)
9	Desain mengalami perubahan	(Kurniawan, 2011)
10	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	(Renaldhi, 2011), (Aziz, 2013), (Mangare & Prataxis, 2016), (Gebrehiwet & Luo, 2017), (Mohammed & Suliman, 2019)
11	Tenaga kerja kurang berpengalaman	(Mangare & Prataxis, 2016)
12	Keterlambatan dalam merevisi/menyetujui dokumen/gambar	(Renaldhi, 2011)
13	<i>Procurement Plan</i> dibuat kurang matang	(Renaldhi, 2011), (Fallahnejad, 2013), (Aziz, 2013), (Gebrehiwet & Luo, 2017)

<b>No.</b>	<b><i>Basic Event</i></b>	<b>Sumber</b>
14	Kelalaian penyedia jasa material	(Ismael, 2013), (Gebrehiwet & Luo, 2017)
15	Barang dikirim dari luar negeri	(Renaldhi, 2011)
16	Keterlambatan pemesanan	(Ismael, 2013), (Mangare & Pratasiss, 2016), (Mohammed & Suliman, 2019)
17	Keterlambatan proses fabrikasi	(Aziz, 2013), (Mangare & Pratasiss, 2016)
18	Keterlambatan pengiriman material	(Renaldhi, 2011), (Aziz, 2013), (Mangare & Pratasiss, 2016), (Gebrehiwet & Luo, 2017), (Mohammed & Suliman, 2019)
19	Permasalahan dalam pembayaran	(Kurniawan, 2011), (Renaldhi, 2011), (Mangare & Pratasiss, 2016), (Gebrehiwet & Luo, 2017)
20	Jumlah peralatan kurang	(Renaldhi, 2011), (Ismael, 2013), (Aziz, 2013), (Mangare & Pratasiss, 2016)
21	Peralatan mengalami kerusakan	(Renaldhi, 2011), (Ismael, 2013), (Mangare & Pratasiss, 2016)
22	Peralatan datang terlambat	(Mangare & Pratasiss, 2016)
23	Daya kemampuan peralatan rendah	(Ismael, 2013), (Aziz, 2013)
24	Jumlah tenaga kerja kurang	(Renaldhi, 2011), (Kurniawan, 2011), (Ismael, 2013), (Aziz, 2013), (Mangare & Pratasiss, 2016), (Gebrehiwet & Luo, 2017), (Mohammed & Suliman, 2019)
25	Mobilisasi tenaga kerja sulit dilakukan	(Aziz, 2013)
26	Tenaga kerja kurang produktif	(Kurniawan, 2011), (Renaldhi, 2011), (Aziz, 2013), (Gebrehiwet & Luo, 2017)

<b>No.</b>	<b><i>Basic Event</i></b>	<b>Sumber</b>
27	Tenaga kerja absen	(Aziz, 2013)
28	Tenaga kerja kurang berpengalaman	(Renaldhi, 2011) , (Ismael, 2013), (Mangare & Pratasis, 2016), (Gebrehiwet & Luo, 2017)
29	Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	(Kurniawan, 2011), (Fallahnejad, 2013), (Aziz, 2013)
30	Terjadi penambahan pekerjaan akibat perubahan desain	(Kurniawan, 2011), (Renaldhi, 2011), (Ismael, 2013), (Mangare & Pratasis, 2016)
31	Cuaca buruk	(Kurniawan, 2011), (Renaldhi, 2011), (Fallahnejad, 2013), (Aziz, 2013), (Gebrehiwet & Luo, 2017), (Mohammed & Suliman, 2019)
32	Terjadi bencana alam	(Kurniawan, 2011), (Aziz, 2013), (Mangare & Pratasis, 2016)
33	Kecelakaan yang tidak terduga	(Kurniawan, 2011), (Renaldhi, 2011), (Fallahnejad, 2013)
34	Kurangnya pengawasan dan kontrol	(Renaldhi, 2011), (Mangare & Pratasis, 2016), (Gebrehiwet & Luo, 2017), (Mohammed & Suliman, 2019)
35	Kurangnya sosialisasi dan pelatihan keselamatan kerja	(validasi responden wawancara)
36	Dokumen/gambar proyek kurang detil	(Renaldhi, 2011), (Gebrehiwet & Luo, 2017)
37	<i>Spare part</i> material untuk pekerjaan <i>commissioning</i> tidak tersedia	(validasi responden wawancara)
38	Pekerjaan konstruksi belum mencapai target yang sudah ditentukan	(validasi responden wawancara)
39	Prosedur inspeksi dan <i>testing</i> tidak dijalankan sesuai jadwal	(Renaldhi, 2011), (Aziz, 2013), (Gebrehiwet & Luo, 2017)
40	Pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan	(Fallahnejad, 2013), (Mohammed, 2019)

Setelah itu, dilakukan pengelompokan *basic event* pada tiap-tiap *intermediate event* pada FTA. Berikut tabel penjelasan FTA dimulai dari, *intermediate event level 1*, *intermediate event level 2*, hingga *basic event* yang dapat dilihat pada tabel 4.7 :

Tabel 4.7 *Intermediate Event dan Basic Event FTA*

<b><i>Intermediate Event Level 1</i></b>	<b><i>Intermediate Event Level 2</i></b>	<b><i>Basic Event</i></b>
Tahap <i>Preliminary</i> Mengalami Gangguan	Penilaian risiko yang kurang teliti	Kurang teliti dalam mendeteksi <i>hazard</i>
		Metode yang dipakai dalam penilaian risiko kurang tepat
	Keterlambatan dalam perizinan	Dokumen perizinan telat dibuat
		Dokumen perizinan telat diterima
		Perselisihan dengan penduduk sekitar lokasi proyek
		Terjadi perubahan-perubahan dalam regulasi dan hukum pemerintah
	Tahap <i>Engineering</i> Mengalami Gangguan	Perencanaan dan pembuatan prosedur proyek masih kurang matang
Permasalahan dalam perencanaan dokumen <i>engineering</i>		Desain awal tidak jelas
		Desain mengalami perubahan
		Kurangnya komunikasi dan koordinasi
		Tenaga kerja kurang berpengalaman
		Keterlambatan dalam merevisi/menyetujui dokumen/gambar
Tahap <i>Procurement</i> Mengalami Gangguan	Material tidak sesuai pesanan	<i>Procurement Plan</i> dibuat kurang matang
		Kelalaian penyedia jasa material
		Kurangnya komunikasi dan koordinasi
	Material terlambat sampai di <i>project site</i>	Barang dikirim dari luar negeri
		Keterlambatan pemesanan
		Keterlambatan proses fabrikasi

<i>Intermediate Event Level 1</i>	<i>Intermediate Event Level 2</i>	<i>Basic Event</i>	
Tahap <i>Procurement</i> Mengalami Gangguan	Material terlambat sampai di <i>project site</i>	Keterlambatan pengiriman	
	Permasalahan dalam Pembayaran		
Tahap <i>Construction</i> Mengalami Gangguan	Masalah tenaga kerja	Peralatan mengalami kerusakan	
		Peralatan datang terlambat	
		Daya kemampuan peralatan rendah	
		Jumlah tenaga kerja kurang	
		Mobilisasi tenaga kerja sulit dilakukan	
		Tenaga kerja kurang produktif	
		Tenaga kerja absen	
		Tenaga kerja kurang berpengalaman	
		Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	
	Terjadi penambahan pekerjaan akibat perubahan desain		
	Cuaca buruk		
	Terjadi bencana alam		
	Terjadi kecelakaan dalam proses konstruksi	Kecelakaan yang tidak terduga	
		Kurangnya pengawasan dan kontrol	
		Kurangnya komunikasi dan koordinasi	
		Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	
		Kurangnya sosialisasi dan pelatihan keselamatan kerja	
Terjadi kesalahan dalam proses konstruksi	Dokumen/gambar proyek kurang detail		
	Tenaga kerja kurang berpengalaman		
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi		

<i>Intermediate Event Level 1</i>	<i>Intermediate Event Level 2</i>	<i>Basic Event</i>
Tahap <i>Commissioning</i> mengalami gangguan	Masalah dalam peralatan	<i>Spare part</i> material untuk pekerjaan <i>commissioning</i> tidak tersedia
		Jumlah peralatan kurang
		Peralatan mengalami kerusakan
		Peralatan datang terlambat
Tahap <i>Commissioning</i> mengalami gangguan	Masalah dalam peralatan	Daya kemampuan peralatan rendah
	Keterlambatan dalam menjalankan inspeksi	Pekerjaan konstruksi belum mencapai target yang sudah ditentukan
		Prosedur inspeksi dan <i>testing</i> tidak dijalankan
		Pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan

#### 4.4.3 Menentukan *Pivotal Event* pada ETA

Dalam menentukan pivotal event, dilakukan review literatur terlebih dahulu. Dalam Kurniawan (2015), menyebutkan *pivotal event* dalam keterlambatan proyek konstruksi kapal Tonasa Lines yaitu :

1. Dana pembangunan kapal berjalan lancar
2. Proses pengadaan barang tepat waktu
3. Jumlah pekerja mencukupi, berpengalaman, dan bersertifikasi
4. Jumlah peralatan mencukupi dan sesuai standar
5. Proses evaluasi produksi terlaksana

Dalam Redana (2016), menyebutkan *pivotal event* dalam keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure*, yaitu :

1. Pendanaan proyek berjalan lancar
2. Pengadaan material sesuai jadwal yang direncanakan
3. Sistem manajemen yang baik
4. Sumber daya manusia sesuai kebutuhan dan berkualifikasi

5. Sarana dan prasarana lengkap dan sesuai standar

Dalam Setyani (2018), menyebutkan *pivotal event* dalam keterlambatan proyek pembangunan kapal, yaitu :

1. Pengadaan material impor berjalan lancar
2. Fasilitas peralatan mendukung
3. Kualitas pekerja sesuai standar
4. Jumlah pekerja mendukung

Setelah melakukan *review* literatur untuk mengetahui *pivotal event* apa saja yang terdapat pada keterlambatan proyek konstruksi, selanjutnya penulis melakukan wawancara dan diskusi mengenai *pivotal event* dengan Yuni Asril Sani (responden wawancara yang berkecimpung langsung dengan proyek konstruksi *onshore pipeline* dengan pengalaman kerja 7 tahun) pada tanggal 10 Mei 2019. Berikut hasil wawancara dan diskusi dari *pivotal event* keterlambatan proyek *onshore pipeline* yang dapat dilihat pada tabel 4.8 :

Tabel 4. 8 *Pivotal Event* ETA

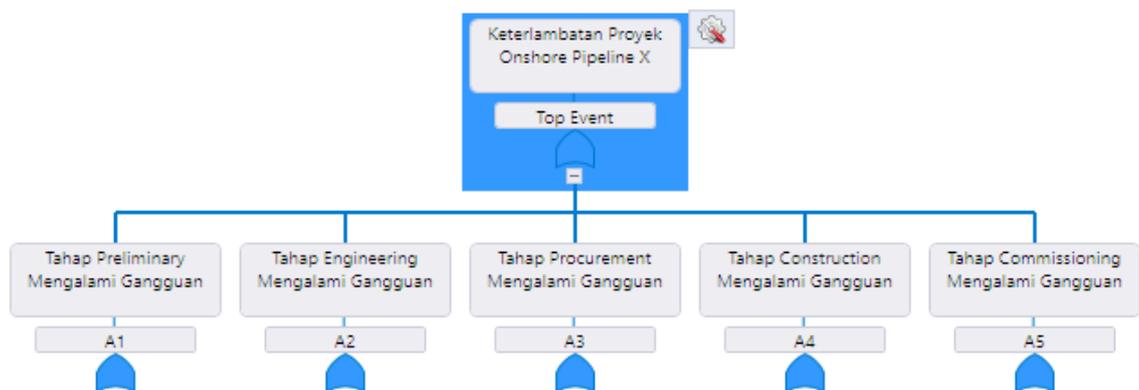
No.	<i>Pivotal Event</i>
1	Segala pembiayaan proyek <i>onshore pipeline</i> berjalan dengan lancar
2	Pengadaan material proyek tidak mengalami keterlambatan
3	Proses manajemen dan pengawasan proyek terlaksana dengan baik
4	Jumlah tenaga kerja proyek mencukupi dan berpengalaman
5	Peralatan tersedia dengan kondisi yang baik dan jumlah yang cukup

Berdasarkan hasil wawancara dan diskusi, segala pembiayaan proyek diletakan diposisi pertama karena apabila pembiayaan suatu proyek tidak berjalan lancar, maka proyek tersebut tidak akan bisa berjalan. Karena material proyek, peralatan proyek, dan tenaga kerja proyek semuanya membutuhkan biaya. Kedua yaitu pengadaan material proyek yang tidak mengalami keterlambatan. Apabila material proyek terlambat maka proyek khususnya pekerjaan konstruksi tidak bisa berjalan meskipun tersedia tenaga kerja dan peralatan. Dilanjut dengan proses manajemen

dan pengawan proyek terlaksana dengan baik, jumlah tenaga kerja proyek mencukupi dan berpengalaman, dan peralatan tersedia dengan kondisi yang baik dan mencukupi.

#### 4.4.4 Input Probabilitas *Basic Event* FTA

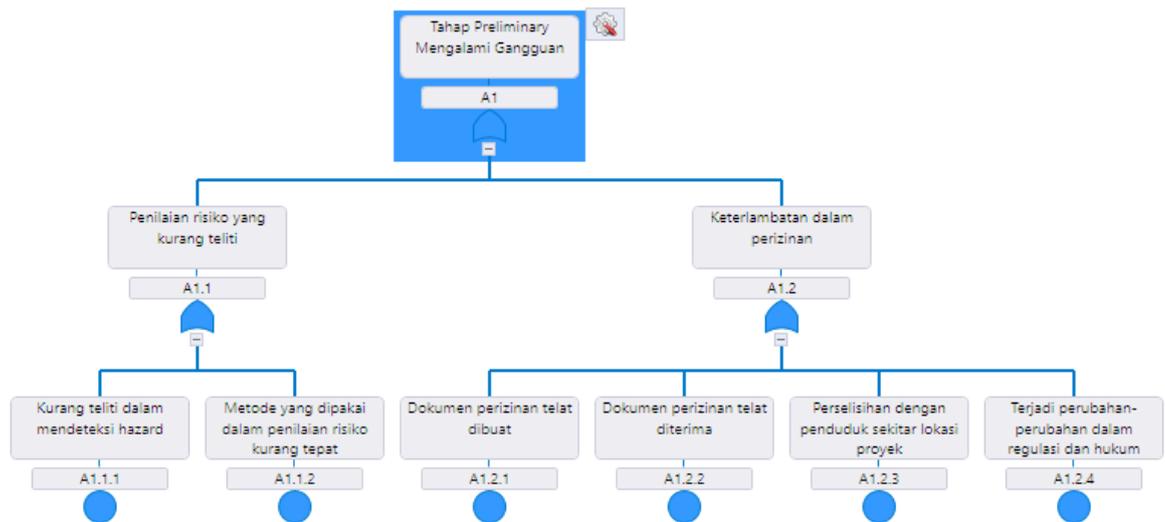
Setelah menentukan *basic event*, *intermediate event*, maka langkah selanjutnya adalah membuat diagram *fault tree* untuk memudahkan dalam pemahaman analisis *fault tree* dan untuk membantu perhitungan probabilitas pada *top event*. Pembuatan diagram *fault tree* dibantu dengan perangkat lunak *Top Event FTA*. Berikut hasil dari pembuatan diagram *fault tree* :



Gambar 4. 5 *Top Event* Keterlambatan Proyek *Onshore Pipeline X*

Sumber : dokumentasi pribadi

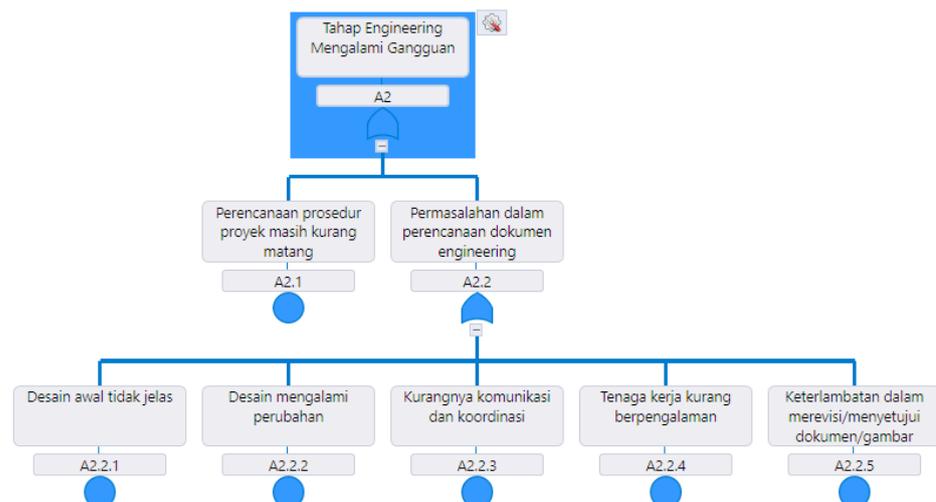
Pada gambar 4.5, menjelaskan bahwa *top event* keterlambatan proyek *onshore pipeline X* memiliki 5 cabang *intermediate event* level 1. Keterlambatan proyek *onshore pipeline* bisa disebabkan oleh tahap *preliminary* yang mengalami gangguan, atau tahap *engineering* yang mengalami gangguan, atau tahap *procurement* mengalami gangguan, atau tahap *construction* yang mengalami gangguan, atau tahap *comissioning* yang mengalami gangguan.



Gambar 4. 6 Tahap *Preliminary* Mengalami Gangguan

Sumber : dokumentasi pribadi

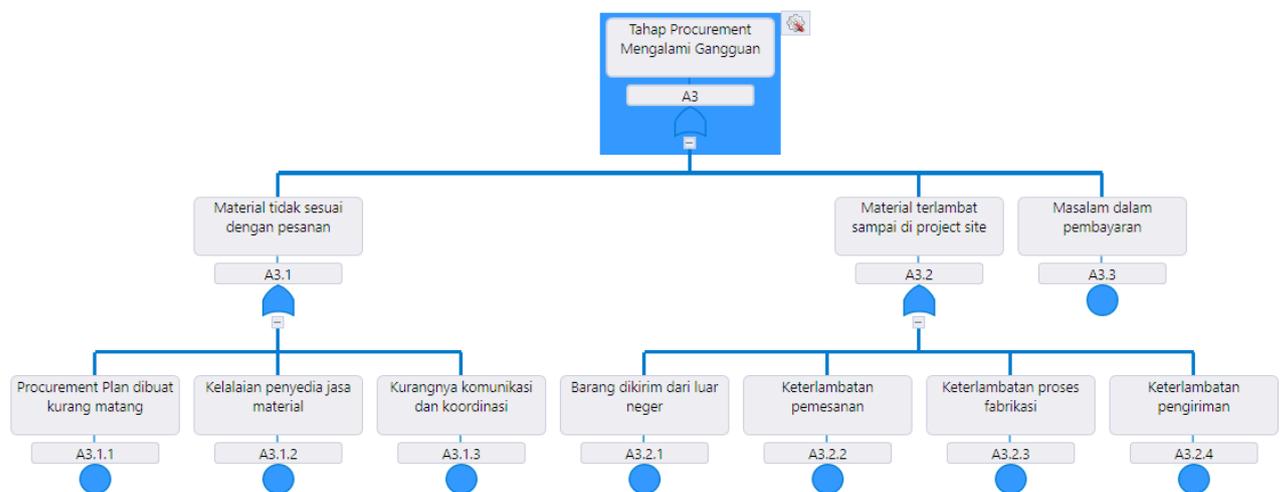
Pada gambar 4.6, menjelaskan bahwa tahap *preliminary* atau persiapan mengalami gangguan/masalah apabila terjadi penilaian risiko yang kurang teliti atau terjadi keterlambatan dalam perizinan. Penilaian risiko yang kurang teliti dapat terjadi apabila kurangnya ketelitian dalam mendeteksi *hazard* atau pemilihan metode penilaian risiko yang kurang tepat. Dalam permasalahan keterlambatan perizinan, dapat disebabkan oleh dokumen perizinan yang telat dibuat atau dokumen perizinan yang telat diterima atau perselisihan dengan penduduk sekitar lokasi proyek atau terjadi perubahan-perubahan dalam regulasi dan hukum.



Gambar 4. 7 Tahap *Engineering* Mengalami Gangguan

Sumber : dokumentasi pribadi

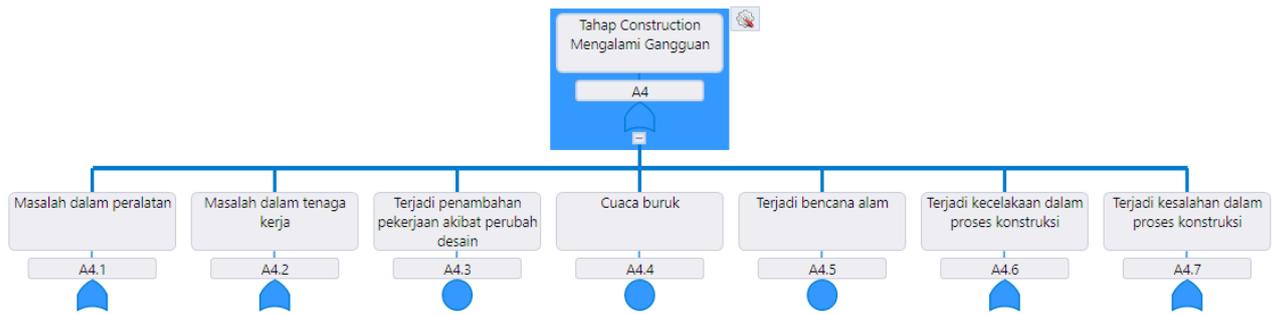
Pada gambar 4.7, menjelaskan bahwa tahap *engineering* mengalami gangguan/masalah apabila terjadi perencanaan prosedur proyek yang masih kurang matang atau terjadi permasalahan dalam perencanaan dokumen *engineering*. Permasalahan dalam perencanaan dokumen *engineering* dapat terjadi apabila terjadi desain awal yang tidak jelas atau perubahan desain atau kurangnya komunikasi dan koordinasi antar tim *engineering* atau tenaga kerja yang kurang berpengalaman dalam bidang *engineering* atau terjadi keterlambatan dalam merevisi/menyetujui dokumen/gambar.



Gambar 4. 8 Tahap *Procurement* Mengalami Gangguan

Sumber : dokumentasi pribadi

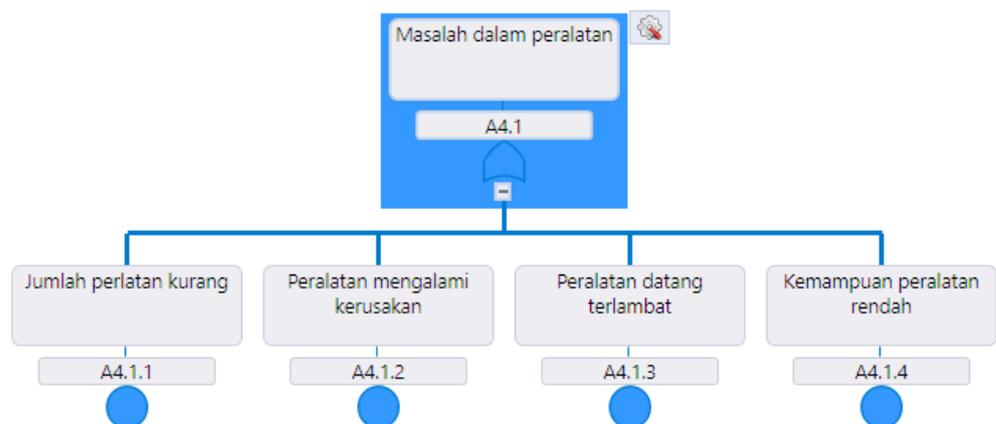
Pada gambar 4.8, menjelaskan bahwa tahap *procurement* mengalami gangguan/masalah apabila terjadi ketidaksesuaian material dengan pesanan atau keterlambatan kedatangan material di *site project* atau masalah dalam pembayaran. Material tidak sesuai dengan pesanan dapat disebabkan oleh *procurement plan* yang dibuat kurang matang atau kelalaian dari penyedia jasa material atau kurangnya komunikasi dan koordinasi antar kontraktor dan penyedia jasa material. Material terlambat sampai di *project site* dapat disebabkan oleh barang dikirim dari luar negeri atau keterlambatan pemesanan atau keterlambatan proses fabrikasi atau keterlambatan pengiriman.



Gambar 4. 9 Tahap *Construction* Mengalami Gangguan

Sumber : dokumentasi pribadi

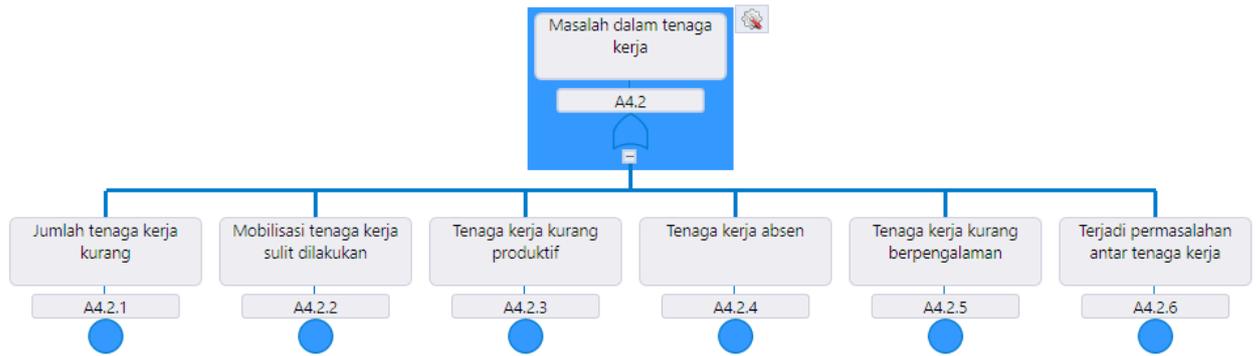
Pada gambar 4.9, menjelaskan bahwa tahap *construction* mengalami gangguan/masalah apabila terjadi masalah dalam peralatan atau masalah dalam tenaga kerja atau terjadi penambahan pekerjaan akibat perubahan desain atau cuaca buruk atau terjadi bencana alam atau terjadi kecelakaan dalam proyek konstruksi atau terjadi kesalahan dalam proses konstruksi.



Gambar 4. 10 Masalah dalam peralatan

Sumber : dokumentasi pribadi

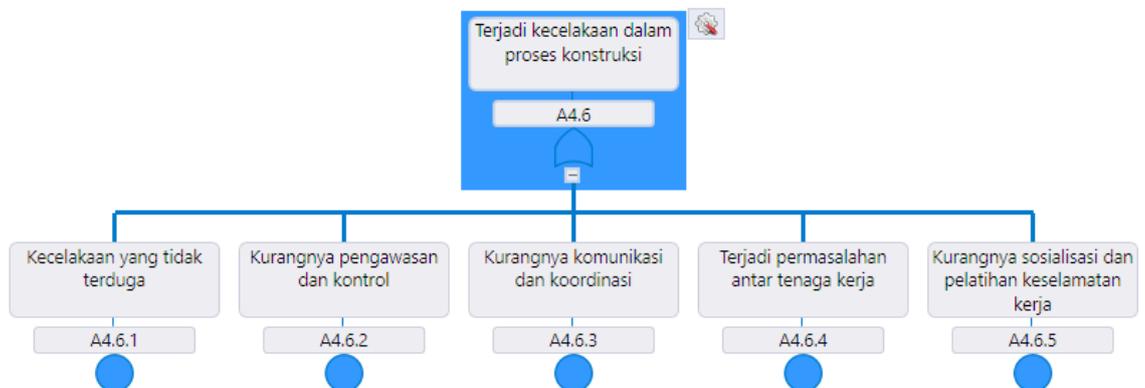
Pada gambar 4.10, menjelaskan bahwa masalah dalam peralatan dapat terjadi apabila jumlah peralatan kurang atau peralatan mengalami kerusakan atau peralatan datang terlambat atau kemampuan peralatan rendah.



Gambar 4. 11 Masalah dalam Tenaga Kerja

Sumber : dokumentasi pribadi

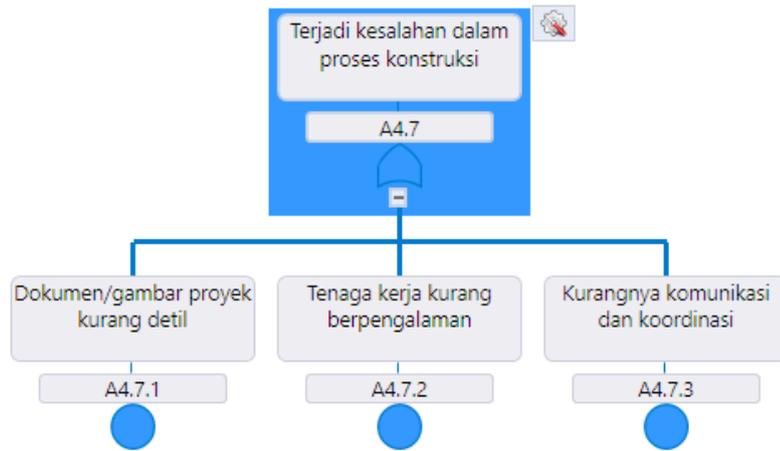
Pada gambar 4.11, menjelaskan bahwa masalah dalam tenaga kerja dapat terjadi apabila jumlah tenaga kerja kurang atau mobilisasi tenaga kerja sulit dilakukan atau tenaga kerja kurang produktif atau tenaga kerja absen atau tenaga kerja kurang berpengalaman atau terjadi permasalahan antar tenaga kerja.



Gambar 4. 12 Terjadi Kecelakaan dalam Proses Konstruksi

Sumber : dokumentasi pribadi

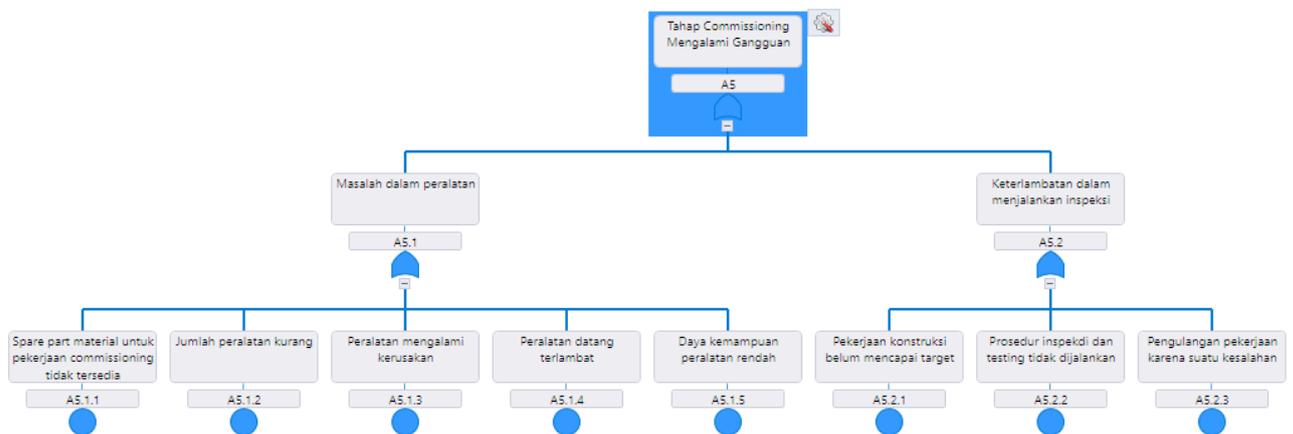
Pada gambar 4.12, menjelaskan bahwa kecelakaan dalam proses konstruksi dapat terjadi apabila terjadi kecelakaan yang tidak terduga atau kurangnya pengawasan dan kontrol atau kurangnya komunikasi dan koordinasi atau terjadi permasalahan antar tenaga kerja atau kurangnya sosialisasi dan pelatihan keselamatan kerja.



Gambar 4. 13 Terjadi Kesalahan dalam Proses Konstruksi

Sumber : dokumentasi pribadi

Pada gambar 4.13, menjelaskan bahwa kesalahan dalam proses konstruksi dapat terjadi apabila dokumen/gambar proyek kurang detail atau tenaga kerja kurang berpengalaman atau kurangnya komunikasi dan koordinasi sehingga dapat menyebabkan kesalahan dalam proses konstruksi.



Gambar 4. 14 Tahap *Commissioning* Mengalami Gangguan

Sumber : dokumentasi pribadi

Pada gambar 4.14, menjelaskan bahwa pada tahap *commissioning*, *dibreakdown* menjadi 2 *intermediate event* level 2 yaitu masalah dalam peralatan *commissioning* dan keterlambatan dalam menjalankan inspeksi.

Masalah dalam peralatan dapat terjadi apabila *spare part* material untuk pekerjaan *commissioning* tidak tersedia atau jumlah peralatan kurang atau peralatan mengalami kerusakan atau peralatan datang terlambat atau daya kemampuan peralatan rendah. Kemudian, untuk keterlambatan dalam menjalankan inspeksi dapat terjadi apabila terjadi pekerjaan konstruksi belum mencapai target atau prosedur inspeksi dan *testing* tidak dijalankan atau pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan.

Sebelum dilakukan input probabilitas, dilakukan penyebaran kuisioner untuk menghitung probabilitas tiap *basic event*. Didapatkan 8 responden yang berpengalaman dengan proyek *onshore pipeline* yang dimana data responden dapat dilihat pada tabel 4.9 :

Tabel 4. 9 Data Responden Kuisioner *Basic Event*

No	Nama	Jabatan Pekerjaan	Pengalaman Kerja (Tahun)
1	Fery Eko Budi Santoso	<i>Pipeline Engineer</i>	7 Tahun
2	Abu Hamzah Al-Jawy	<i>Pipeline Engineer</i>	7 Tahun
3	Dhona Trikoaji	<i>Project Control</i>	7 Tahun
4	Fitra	<i>Project Supervisor</i>	9 Tahun
5	Listyan Purna	<i>Project Manager</i>	11 Tahun
6	Muhammad Rizki Rinaldi	<i>Lead Project Control</i>	11 Tahun
7	Yudha Maulana	<i>Project Manager</i>	18 Tahun
8	Agus Wardiman	<i>Pipeline Specialist</i>	25 Tahun

Setelah melakukan penyebaran dan pengambilan hasil kuisioner, maka dilakukan perhitungan hasil akhir kuisioner *basic event* FTA yang dapat dilihat pada tabel 4.10 :

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Hasil Kuisioner *Basic Event* FTA

<i>Intermediate Event Level 2</i>	<i>Basic Event</i>	<i>Frequency Index</i>				
		1	2	3	4	5
Penilaian risiko yang kurang teliti	Kurang teliti dalam mendeteksi <i>hazard</i>	1	1	5	1	0
	Metode yang dipakai dalam penilaian risiko kurang tepat	1	3	3	1	0

<i>Intermediate Event Level 2</i>	<i>Basic Event</i>	<i>Frequency Index</i>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Keterlambatan dalam perizinan	Dokumen perizinan telat dibuat	1	2	3	2	0
	Dokumen perizinan telat diterima	1	3	1	3	0
	Perselisihan dengan penduduk sekitar lokasi proyek	0	0	2	4	2
	Terjadi perubahan-perubahan dalam regulasi dan hukum pemerintah	1	4	3	0	0
Perencanaan dan pembuatan prosedur proyek masih kurang matang		0	3	4	1	0
Permasalahan dalam perencanaan dokumen <i>engineering</i>	Desain awal tidak jelas	0	6	2	0	0
	Desain mengalami perubahan	0	0	5	2	1
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0	3	2	3	0
	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0	3	1	4	0
	Keterlambatan dalam merevisi/menyetujui dokumen/gambar	0	1	2	5	0
Material tidak sesuai pesanan	<i>Procurement Plan</i> dibuat kurang matang	0	5	1	2	0
	Kelalaian penyedia jasa material	0	3	4	1	0
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0	1	5	2	0
Material terlambat sampai di <i>project site</i>	Barang dikirim dari luar negeri	0	0	4	4	0
	Keterlambatan pemesanan	0	0	3	4	1
	Keterlambatan proses fabrikasi	0	1	5	2	0
	Keterlambatan pengiriman	0	2	2	4	0
Permasalahan dalam Pembayaran		0	0	3	4	1
Masalah dalam peralatan	Jumlah peralatan kurang	0	2	3	1	2
	Peralatan mengalami kerusakan	0	0	4	3	1
	Peralatan datang terlambat	0	2	3	3	0
	Daya kemampuan peralatan rendah	1	1	5	0	1
Masalah tenaga kerja	Jumlah tenaga kerja kurang	0	3	4	1	0
	Mobilisasi tenaga kerja sulit dilakukan	0	4	4	0	0
	Tenaga kerja kurang produktif	0	1	6	1	0
	Tenaga kerja absen	0	3	4	1	0
	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0	4	2	2	0
	Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	0	4	4	0	0

Intermediate Event Level 2	Basic Event	Frequency Index				
		1	2	3	4	5
Cuaca buruk		0	2	0	4	2
Terjadi bencana alam		3	5	0	0	0
Terjadi kecelakaan dalam proses konstruksi	Kecelakaan yang tidak terduga	1	5	2	0	0
	Kurangnya pengawasan dan kontrol	0	2	4	2	0
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0	2	2	4	0
	Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	0	4	4	0	0
	Kurangnya sosialisasi dan pelatihan keselamatan kerja	0	3	2	3	0
Terjadi kesalahan dalam proses konstruksi	Dokumen/gambar proyek kurang detil	0	3	5	0	0
	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0	4	2	2	0
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0	2	2	4	0
Masalah dalam peralatan	Spare part material untuk pekerjaan <i>commissioning</i> tidak tersedia	0	8	0	0	0
	Jumlah peralatan kurang	0	5	2	1	0
	Peralatan mengalami kerusakan	0	5	1	2	0
	Peralatan datang terlambat	0	5	0	3	0
	Daya kemampuan peralatan rendah	0	4	3	1	0
Keterlambatan dalam menjalankan inspeksi	Pekerjaan konstruksi belum mencapai target yang sudah ditentukan	0	1	3	2	2
	Prosedur inspeksi dan <i>testing</i> tidak dijalankan	0	6	2	0	0
	Pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan	0	3	4	0	1

Selanjutnya, dilakukan perhitungan probabilitas *basic event* dengan menggunakan rumus dibawah dan mengacu pada *frequency index* (tabel 4.11) pada DNV RP F107 (*Pipeline Risk Assessment*). Hasil perhitungan probabilitas *basic event* dapat dilihat pada tabel 4.12 :

$$Probability = \frac{\sum_1^5 a_i n_i}{5N} \times 100\% \times \text{quantitative at frequency index}$$

Dimana :

$a_i$ : bobot yang diberikan oleh responden dengan nilai 1,2,3,4, atau 5

$n_i$ : jumlah responden yang menjawab dengan nilai  $i$

$N$  : jumlah seluruh responden

*Quantitative at frequency index* : nilai kuantitatif yang tercantum pada tabel *frequency index*

Tabel 4. 11 *Frequency Index*

<b>Category</b>	<b>Description</b>	<b>Quantitative</b>
1 ( <i>Very Low</i> )	<i>So low frequency that event considered negligible</i>	$10^{-6}$
2 ( <i>Low</i> )	<i>Event rarely expected to occur</i>	$10^{-5}$
3 ( <i>Medium</i> )	<i>Event individually not expected to happen, but may happen once</i>	$10^{-4}$
4 ( <i>High</i> )	<i>Event individually may be expected to occur</i>	$10^{-3}$
5 ( <i>Very High</i> )	<i>Event individually may be expected to happen more than once</i>	$10^{-2}$

Sumber : DNV RP F107 (*Pipeline Risk Assessment*)

Tabel 4. 12 Probabilitas *Basic Event*

<b>Intermediate Event Level 2</b>	<b>Basic Event</b>	<b>Probability</b>
Penilaian risiko yang kurang teliti	Kurang teliti dalam mendeteksi <i>hazard</i>	0,000138
	Metode yang dipakai dalam penilaian risiko kurang tepat	0,000124
Keterlambatan dalam perizinan	Dokumen perizinan telat dibuat	0,000224
	Dokumen perizinan telat diterima	0,000309
	Perselisihan dengan penduduk sekitar lokasi proyek	0,012915
	Terjadi perubahan-perubahan dalam regulasi dan hukum pemerintah	0,000025
Perencanaan dan pembuatan prosedur proyek masih kurang matang		0,000132

<b>Intermediate Event Level 2</b>	<b>Basic Event</b>	<b>Probability</b>
Permasalahan dalam perencanaan dokumen <i>engineering</i>	Desain awal tidak jelas	0,000018
	Desain mengalami perubahan	0,006488
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0,000317
	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0,000409
	Keterlambatan dalam merevisi/menyetujui dokumen/gambar	0,000516
Material tidak sesuai pesanan	<i>Procurement Plan</i> dibuat kurang matang	0,000210
	Kelalaian penyedia jasa material	0,000132
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0,000238
Material terlambat sampai di <i>project site</i>	Barang dikirim dari luar negeri	0,000430
	Keterlambatan pemesanan	0,006673
	Keterlambatan proses fabrikasi	0,000238
	Keterlambatan pengiriman	0,000416
Permasalahan dalam Pembayaran		0,0066725
Masalah dalam peralatan	Jumlah peralatan kurang	0,012624
	Peralatan mengalami kerusakan	0,006580
	Peralatan datang terlambat	0,000324
	Daya kemampuan peralatan rendah	0,006288
Masalah tenaga kerja	Jumlah tenaga kerja kurang	0,000132
	Mobilisasi tenaga kerja sulit dilakukan	0,000032
	Tenaga kerja kurang produktif	0,000146
	Tenaga kerja absen	0,000132
	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0,000217
	Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	0,000032

<b>Intermediate Event Level 2</b>	<b>Basic Event</b>	<b>Probability</b>
	Terjadi penambahan pekerjaan akibat perubahan desain	0,0064665
	Cuaca buruk	0,012901
	Terjadi bencana alam	0,000002575
Terjadi kecelakaan dalam proses konstruksi	Kecelakaan yang tidak terduga	0,000018
	Kurangnya pengawasan dan kontrol	0,000231
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0,000416
	Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	0,000032
	Kurangnya sosialisasi dan pelatihan keselamatan kerja	0,000317
Terjadi kesalahan dalam proses konstruksi	Dokumen/gambar proyek kurang detil	0,000039
	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0,000217
	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0,000416
Masalah dalam peralatan	<i>Spare part</i> material untuk pekerjaan <i>commissioning</i> tidak tersedia	0,000004
	Jumlah peralatan kurang	0,000118
	Peralatan mengalami kerusakan	0,000210
	Peralatan datang terlambat	0,000303
	Daya kemampuan peralatan rendah	0,000125
Keterlambatan dalam menjalankan inspeksi	Pekerjaan konstruksi belum mencapai target yang sudah ditentukan	0,012723
	Prosedur inspeksi dan <i>testing</i> tidak dijalankan	0,000018
	Pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan	0,006282

Setelah menghitung probabilitas tiap *basic event* pada FTA, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *cut set* yang dibantu dengan perangkat lunak *Top Event FTA*. Langkah pertama yang dilakukan adalah menginput semua probabilitas *basic event* pada ke-5 *intermediate event*. Pada tabel 4.13 di bawah ini, menunjukkan bahwa faktor perselisihan dengan penduduk sekitar lokasi proyek memiliki probabilitas yang paling

tinggi karena memang betul menurut responden, faktor ini sering terjadi dalam proyek *onshore pipeline* yang melewati daerah-daerah yang berpenduduk. Faktor ini juga yang bisa menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaan proyek.

Tabel 4. 13 *Minimal Cut Set* pada Tahap *Preliminary* Mengalami Gangguan

No.	<i>Basic Event</i>	Probabilitas
1	Perselisihan dengan penduduk sekitar lokasi proyek	0,012915
2	Dokumen perizinan telat diterima	0,000309
3	Dokumen perizinan telat dibuat	0,000224
4	Kurang teliti dalam mendeteksi <i>hazard</i>	0,000138
5	Metode yang dipakai dalam penilaian risiko kurang tepat	0,000124
6	Terjadi perubahan-perubahan dalam regulasi dan hukum pemerintah	0,000025
<b>Total (C<sub>1</sub>)</b>		0,013734

Pada tabel 4.14, menjelaskan mengenai *minimal cut set* pada tahap *engineering* mengalami gangguan/masalah. Permasalahan utama yang memiliki probabilitas paling tinggi pada tahap *engineering* ini adalah faktor desain mengalami perubahan. Sering kali terjadi perubahan desain karena permintaan dari *owner* sendiri atau karena hasil desain proyek *onshore pipeline* masih belum sesuai dengan keinginan dari pihak *owner*. Dilanjut dengan keterlambatan dalam merevisi dokumen/gambar proyek. Faktor ini sering terjadi karena keterlambatan penyerahan dokumen oleh kontraktor atau bisa jadi karena keterlambatan dari pihak *owner* dalam menyetujui dokumen/gambar proyek. Terkadang tenggat waktu yang dimana dokumen revisi sudah diterima oleh kontraktor tidak sesuai dengan tanggal yang direncanakan.

Tabel 4. 14 *Minimal Cut Set* pada Tahap *Engineering* Mengalami Gangguan

No.	<i>Basic Event</i>	Probabilitas
1	Desain mengalami perubahan	0,006488
2	Keterlambatan dalam merevisi/menyetujui dokumen/gambar	0,000516
3	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0,000409
4	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0,000317
5	Perencanaan dan pembuatan prosedur proyek masih kurang matang	0,000132
6	Desain awal tidak jelas	0,000018
<b>Total (C<sub>2</sub>)</b>		0,007878

Pada tabel 4.15 di bawah ini, dijelaskan mengenai *minimal cut set* pada tahap *procurement* mengalami gangguan/masalah. Permasalahan utama yang memiliki probabilitas paling tinggi pada tahap *procurement* ini adalah faktor permasalahan dalam pembayaran dan keterlambatan pemesanan. Permasalahan pembayaran sering kali dijumpai pada proyek *onshore pipeline* karena pada saat kontraktor sudah siap untuk melakukan *purchase order* material, namun dana dari *owner* belum turun. Sehingga, menghambat dalam proses *procurement* material proyek.

Tabel 4. 15 *Minimal Cut Set* pada Tahap *Procurement* Mengalami Gangguan

No.	<i>Basic Event</i>	Probabilitas
1	Permasalahan dalam pembayaran	0,006673
2	Keterlambatan pemesanan	0,006673
3	Barang dikirim dari luar negeri	0,000430
4	Keterlambatan pengiriman	0,000416
5	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0,000238
6	Keterlambatan proses fabrikasi	0,000238
7	<i>Procurement Plan</i> dibuat kurang matang	0,000210
8	Kelalaian penyedia jasa material	0,000132
<b>Total (C<sub>3</sub>)</b>		0,015009

Pada tabel 4.16 di bawah, menjelaskan mengenai *minimal cut set* pada tahap *construction* mengalami gangguan/masalah. Permasalahan utama yang memiliki probabilitas paling tinggi pada tahap *construction* ini adalah faktor jumlah peralatan kurang, cuaca buruk, dan peralatan yang

mengalami kerusakan. Jumlah peralatan yang kurang dapat menyebabkan keterlambatan tahap konstruksi dari proyek *onshore pipeline* karena dengan adanya material dan tenaga kerja tanpa adanya peralatan untuk instalasi maka *pipeline* tidak bisa dipasang. Kurangnya jumlah peralatan berarti harus menunggu peralatan selesai digunakan. Faktor selanjutnya yaitu faktor cuaca buruk yang dapat mengganggu proses instalasi *pipeline*. Karena dengan cuaca buruk seperti hujan badai, dapat menghambat kegiatan *clearing*, *trenching*, dan *lowering in* pada proses instalasi *pipeline*.

Tabel 4. 16 *Minimal Cut Set* pada Tahap *Construction* Mengalami Gangguan

No.	<i>Basic Event</i>	Probabilitas
1	Jumlah peralatan kurang	0,012624
2	Cuaca buruk	0,012901
3	Peralatan mengalami kerusakan	0,006580
4	Terjadi penambahan pekerjaan akibat perubahan desain	0,006467
5	Daya kemampuan peralatan rendah	0,006288
6	Kurangnya komunikasi dan koordinasi	0,000416
7	Peralatan datang terlambat	0,000324
8	Kurangnya sosialisasi dan pelatihan keselamatan kerja	0,000317
9	Kurangnya pengawasan dan kontrol	0,000231
10	Tenaga kerja kurang berpengalaman	0,000217
11	Tenaga kerja kurang produktif	0,000146
12	Tenaga kerja absen	0,000132
13	Jumlah tenaga kerja kurang	0,000132
14	Dokumen/gambar proyek kurang detail	0,000039
15	Terjadi permasalahan antar tenaga kerja	0,000032
16	Mobilisasi tenaga kerja sulit dilakukan	0,000032
17	Kecelakaan yang tidak terduga	0,000018
18	Terjadi bencana alam	0,000003
<b>Total (C<sub>4</sub>)</b>		0,041093

Pada tabel 4.17 di bawah, menjelaskan mengenai *minimal cut set* pada tahap *commissioning* mengalami gangguan/masalah. Permasalahan utama yang memiliki probabilitas paling tinggi pada tahap *commissioning* ini adalah faktor pekerjaan konstruksi belum mencapai target yang sudah ditentukan dan pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan. Sering

terjadi pekerjaan konstruksi yang belum mencapai target, sedangkan kegiatan *commissioning* yang seharusnya dilaksanakan menjadi terlambat karena keterlambatan proses konstruksi yang belum mencapai target. Faktor selanjutnya adalah pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan yang kadang dijumpai dalam proyek *onshore pipeline* dan bisa mempengaruhi keterlambatan karena perlu dilakukan *re-work* untuk memperbaiki pekerjaan yang sebelumnya.

Tabel 4. 17 *Minimal Cut Set* pada Tahap *Commissioning* Mengalami Gangguan

No.	<i>Basic Event</i>	Probabilitas
1	Pekerjaan konstruksi belum mencapai target yang sudah ditentukan	0,012723
2	Pengulangan pekerjaan karena suatu kesalahan	0,006282
3	Peralatan datang terlambat	0,000303
4	Peralatan mengalami kerusakan	0,000210
5	Daya kemampuan peralatan rendah	0,000125
6	Jumlah peralatan kurang	0,000118
7	Prosedur inspeksi dan <i>testing</i> tidak dijalankan	0,000018
8	<i>Spare part</i> material untuk pekerjaan <i>commissioning</i> tidak tersedia	0,000004
<b>Total (C<sub>5</sub>)</b>		0,019781

Dari hasil perhitungan *minimal cut set* dari tabel 4.13 hingga tabel 4.17 di atas, didapatkan hasil probabilitas pada kelima *intermediate event* FTA. Berikut hasil dari tiap perhitungan *minimal cut set* :

$C_1$  (Tahap *Preliminary* Mengalami Gangguan) = 0,013734

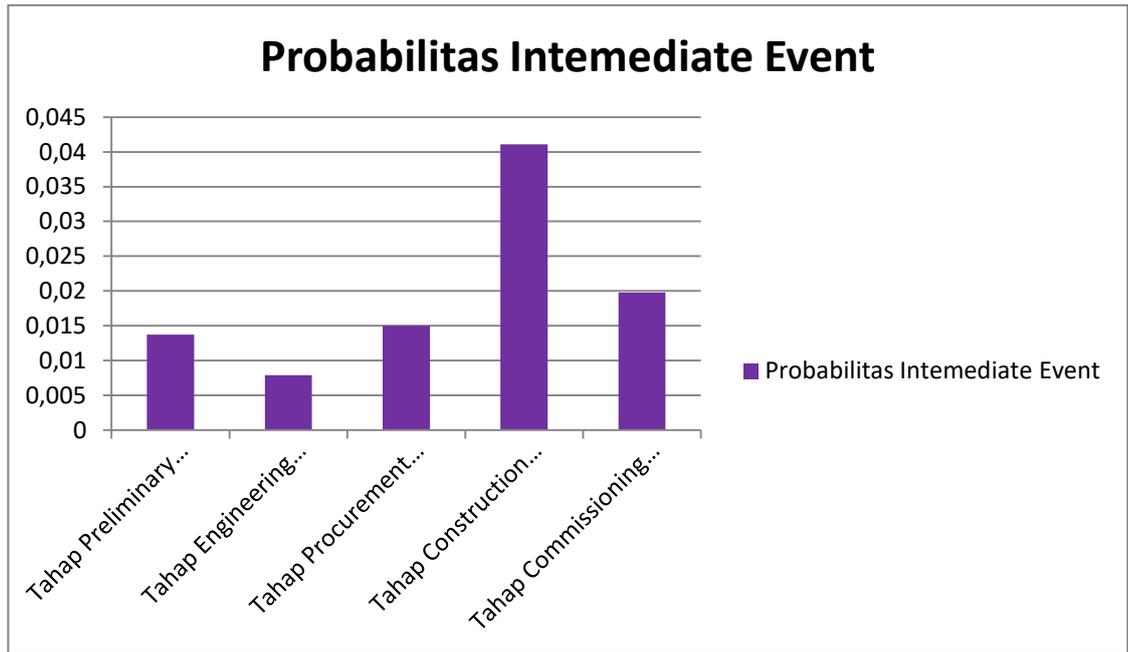
$C_2$  (Tahap *Engineering* Mengalami Gangguan) = 0,007878

$C_3$  (Tahap *Procurement* Mengalami Gangguan) = 0,015009

$C_4$  (Tahap *Construction* Mengalami Gangguan) = 0,041093

$C_5$  (Tahap *Commissioning* Mengalami Gangguan) = 0,019781

Berdasarkan gambar 4.15, dapat disimpulkan bahwa tahap *construction* mengalami gangguan memiliki probabilitas yang paling tinggi. Dilanjut dengan tahap *commissioning*, *procurement*, *preliminary*, dan *engineering*.



Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Probabilitas *Intermediate Event*

Sumber : dokumentasi pribadi

Jadi, probabilitas *top event* keterlambatan proyek *onshore pipeline X* adalah :

$$T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

$$T = 0,013734 + 0,007878 + 0,015009 + 0,041093 + 0,019781$$

$$T = 0,097495$$

Perhitungan probabilitas *top event* juga bisa dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4. 18 Probabilitas *Top Event*

No.	<i>Intermediate Event Level 1</i>	Probabilitas
1	Tahap <i>Preliminary</i> Mengalami Gangguan	0,013734
2	Tahap <i>Engineering</i> Mengalami Gangguan	0,007878
3	Tahap <i>Procurement</i> Mengalami Gangguan	0,015009
4	Tahap <i>Construction</i> Mengalami Gangguan	0,041093
5	Tahap <i>Commissioning</i> Mengalami Gangguan	0,019781
<b>Probabilitas <i>Top Event</i> (Total)</b>		<b>0,097495</b>

#### 4.4.5 Input Probabilitas *Pivotal Event* ETA

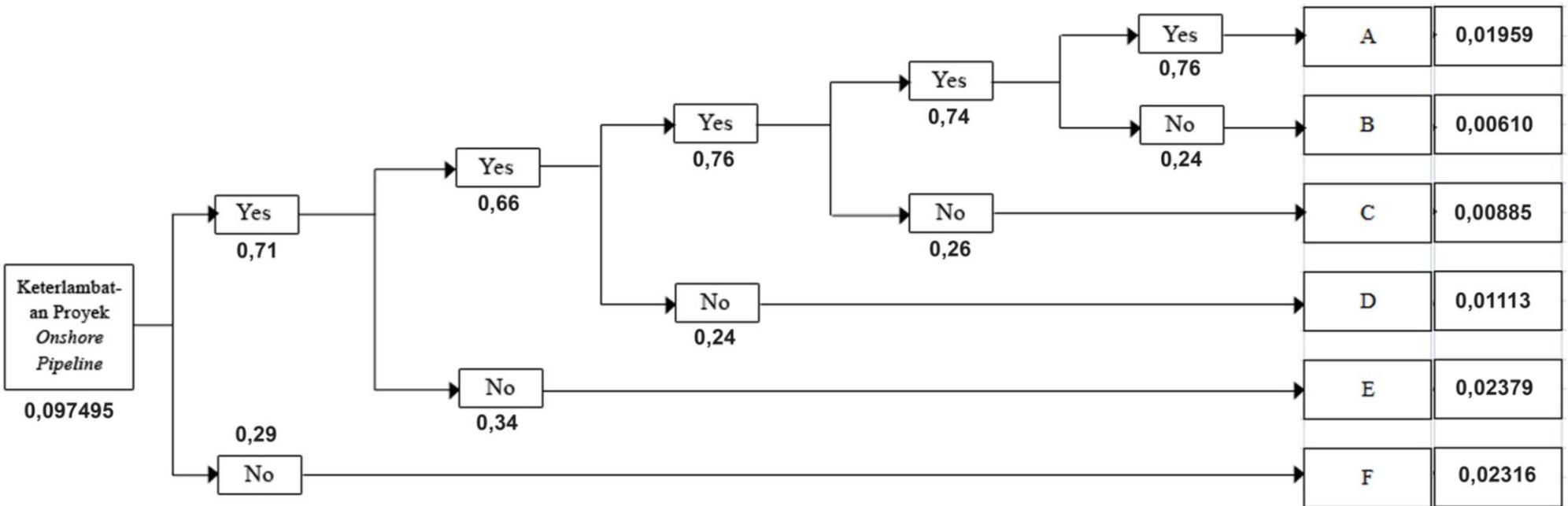
Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa proyek *onshore pipeline X* terbagi menjadi 5 *pivotal event* yaitu segala pembiayaan proyek *onshore pipeline* berjalan dengan lancar, pengadaan material proyek tidak

mengalami keterlambatan, proses manajemen dan pengawasan proyek terlaksana dengan baik, jumlah tenaga kerja proyek mencukupi dan berpengalaman, dan peralatan tersedia dengan kondisi yang baik dan jumlah yang cukup. Probabilitas pada *pivotal event* terbagi menjadi dua yaitu peluang terlaksana (*yes*) dan peluang tidak terlaksana (*no*). Probabilitas *pivotal event* didapatkan dari hasil kuisisioner responden. Berikut tabel 4.19 yang merupakan hasil kuisisioner probabilitas terlaksananya (*yes*) suatu *pivotal event* ETA.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Hasil Kuisisioner Probabilitas *Pivotal Event*

No .	Pivotal Event	1	2	3	4	5	6	7	8	Probabilitas (Yes)
1	Segala pembiayaan proyek <i>onshore pipeline</i> berjalan dengan lancar	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,5	0,71
2	Pengadaan material proyek tidak mengalami keterlambatan	0,76	0,6	0,7	0,75	0,75	0,4	0,8	0,5	0,66
3	Proses manajemen dan pengawasan proyek terlaksana dengan baik	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7 5	0,76
4	Jumlah tenaga kerja proyek mencukupi dan berpengalaman	0,75	0,6	0,9	0,75	0,75	0,9	0,6	0,7	0,74
5	Peralatan tersedia dengan kondisi yang baik dan jumlah yang cukup	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,76

Initiating Event	Pivotal Event					Output	Probabilitas
	Segala pembiayaan proyek onshore pipeline berjalan dengan lancar	Pengadaan material proyek tidak mengalami keterlambatan	Proses manajemen dan pengawasan proyek terlaksana dengan baik	Jumlah tenaga kerja proyek mencukupi dan berpengalaman	Peralatan tersedia dengan kondisi yang baik dan jumlah yang cukup		



Gambar 4. 16 Diagram *Event Tree Analysis* Proyek *Onshore Pipeline X*

Sumber : dokumentasi pribadi

Berikut penjelasan mengenai *Event Tree Diagram* Proyek *Onshore Pipeline X* yang tertera pada gambar 4.16 :

a. *Initiating Event*

*Initiating event* adalah suatu peristiwa awal pada diagram ETA (*Event Tree Analysis*) yang dimana pada penelitian ini *initiating event*-nya merupakan keterlambatan proyek *onshore pipeline X*.

b. *Pivotal Event*

1. Segala pembiayaan proyek *onshore pipeline* berjalan dengan lancar

Pembiayaan proyek merupakan kunci utama dari kelancaran suatu proyek. Apabila suatu proyek tidak memiliki dana, maka proyek tidak akan berjalan. Semua sumber daya manusia/tenaga kerja, peralatan-peralatan proyek, material proyek, mobilisasi tenaga kerja, mobilisasi material, dan mobilisasi peralatan semua membutuhkan biaya.

2. Pengadaan material proyek tidak mengalami keterlambatan

Material proyek sampai dengan waktu yang telah direncanakan merupakan hal yang penting dalam proyek. Keterlambatan sampainya material proyek dapat menghambat pekerjaan proyek khususnya konstruksi, karena pekerjaan konstruksi membutuhkan material proyek. Apabila material proyek datang terlambat maka pekerjaan konstruksi pun otomatis akan terlambat juga walaupun tenaga kerja dan peralatan sudah tersedia.

3. Proses manajemen dan pengawasan proyek terlaksana dengan baik

Suatu proyek membutuhkan proses manajemen dan pengawasan yang baik. Tanpa adanya manajemen dan pengawasan yang baik, dapat mengakibatkan suatu proyek tidak termonitor dan tercontrol. Tanpa adanya pengawasan yang baik, suatu pekerjaan proyek bisa mengalami kesalahan dan perlu dilakukan *re-work* untuk memperbaiki pekerjaan yang salah sebelumnya.

4. Jumlah tenaga kerja proyek mencukupi dan berpengalaman

Tenaga kerja proyek yang mencukupi dan berpengalaman merupakan hal yang penting juga dalam kelancaran suatu proyek. Dengan tenaga kerja jumlah yang cukup dapat mengurangi jumlah tenaga kerja yang *overwork* karena bobot pekerjaan tiap tenaga kerja dibagi dengan rata

dibandingkan tenaga kerja yang jumlahnya kurang dan menyebabkan tiap tenaga kerja memiliki bobot pekerjaan yang terlalu besar. Selain itu, tenaga kerja yang berpengalaman mempengaruhi kelancaran suatu proyek karena dengan pengalaman yang cukup, tenaga kerja mampu melakukan pekerjaan proyek dengan sedikit peluang kesalahan dalam pekerjaan proyek.

#### 5. Peralatan tersedia dengan kondisi yang baik dan jumlah yang cukup

Peralatan dengan jumlah yang cukup dan dengan kondisi baik juga merupakan salah satu hal yang penting dalam proyek. Peralatan dengan jumlah yang kurang dapat menghambat pekerjaan konstruksi karena harus menunggu peralatan selesai digunakan untuk melanjutkan kegiatan selanjutnya. Peralatan dengan kondisi yang tidak baik atau rusak juga dapat menghambat kelancaran proyek karena peralatan tersebut tidak bisa digunakan dan bisa membahayakan tenaga kerja.

#### c. Output

*Output* pada Event Tree Analysis memiliki 6 *output* (A,B,C,D,E, dan F) yang memiliki probabilitas dan konsekuensi yang berbeda-beda sesuai jalurnya masing-masing yang dapat dilihat pada gambar 4.17. Probabilitas tiap *output* didapatkan dari perkalian probabilitas *initiating event* dengan probabilitas *pivotal event*. Konsekuensi tiap *output* didapatkan dari hasil wawancara responden proyek *onshore pipeline X*. Berdasarkan kontrak proyek, tertulis bahwa pihak kontraktor wajib membayar *penalty cost* (biaya denda) sebesar 0,1% per hari dari harga kontrak proyek sejumlah Rp. 76.378.138.392,04. *Penalty cost* (biaya denda) maksimum dibayar sebesar 10% dari harga kontrak proyek.

#### 1) Output A

*Output A* memiliki jalur yang dimana semua *pivotal event* terlaksana (*yes*). Maka dari itu, proyek *onshore pipeline X* di Melaka berjalan sesuai dengan jadwal. Proyek memiliki kemungkinan keterlambatan di tengah perjalanan proyek karena adanya probabilitas keterlambatan proyek sebesar 0,097495. Dari hasil probabilitas tersebut maka dilakukan

perhitungan probabilitas *Output A* :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*) x  $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*) x  $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 3*) x  $0,74$  (probabilitas *yes pivotal event 4*) x  $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 5*) =  $0,01959$ . Proyek berjalan sesuai jadwal karena semua *pivotal event* terlaksana sehingga tidak dikenakan biaya denda terhadap kontraktor.

## 2) *Output B*

*Output B* memiliki jalur dimana *pivotal event* 1,2,3,4 terlaksana (*yes*). Namun *pivotal event* ke-5 tidak terlaksana (*no*). Probabilitas *Output B* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*) x  $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*) x  $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 3*) x  $0,74$  (probabilitas *yes pivotal event 4*) x  $0,24$  (probabilitas *no pivotal event 5*) =  $0,00610$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 2 minggu hingga 6 minggu diakibatkan oleh peralatan tidak tersedia dengan kondisi yang baik dan kurangnya jumlah peralatan proyek. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 1,4% (Rp. 1.069.293.937,49) hingga 4,2% (Rp. 3.207.881.812,47) dari harga kontrak proyek.

## 3) *Output C*

*Output C* memiliki jalur dimana *pivotal event* ke 1,2,3 terlaksana (*yes*). Namun *pivotal event* ke-4 tidak terlaksana (*no*). Probabilitas *Output C* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*) x  $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*) x  $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 3*) x  $0,26$  (probabilitas *no pivotal event 4*) =  $0,00885$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 3 minggu hingga 8 minggu diakibatkan oleh jumlah tenaga kerja yang tidak mencukupi serta tenaga kerja yang tidak berpengalaman. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 2,1% (Rp. 1.603.940.906,23) hingga 5,6% (Rp. 4.277.175.749,95) dari harga kontrak proyek.

#### 4) *Output D*

*Output D* memiliki jalur dimana *pivotal event* 1 dan 2 terlaksana (*yes*). Namun, *pivotal event* ke-3 tidak terlaksana (*no*). Probabilitas *Output D* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*) x  $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*) x  $0,24$  (probabilitas *no pivotal event 3*) =  $0,01113$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 4 minggu hingga 14 minggu diakibatkan oleh proses manajemen proyek dan pengawasan proyek tidak terlaksana dengan baik. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 2,8% (Rp. 2.138.587.874,98) hingga 9,8% (Rp. 4.277.175.749,95) dari harga kontrak proyek.

#### 5) *Output E*

*Output E* memiliki jalur dimana hanya *pivotal event* pertama yang terlaksana (*yes*) dan *pivotal event* ke-2 tidak terlaksana (*no*). Probabilitas *Output E* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*) x  $0,34$  (probabilitas *no pivotal event 2*) =  $0,023793$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 4 minggu hingga 22 minggu diakibatkan oleh proses pengadaan material yang mengalami keterlambatan. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 2,8% (Rp. 2.138.587.874,98) hingga 10% (Rp. 7.637.813.839,20) dari harga kontrak proyek.

#### 6) *Output F*

*Output F* memiliki jalur terparah dimana *pivotal event* pertama tidak terlaksana (*no*). Probabilitas *Output F* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,29$  (probabilitas *no pivotal event 1*) =  $0,023156$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka tidak dapat diselesaikan karena diakibatkan oleh pembiayaan proyek *onshore pipeline* yang tidak berjalan dengan lancar. Mengingat pendanaan proyek merupakan kunci utama dalam kelancaran suatu proyek.

Probabilitas *output* F (proyek gagal dilaksanakan) lebih besar dibandingkan dengan probabilitas *output* A (proyek diselesaikan sesuai jadwal) maupun *output* B,C,D, dan E karena pada perhitungan probabilitas *output* F hanya terjadi sekali perkalian *pivotal event*. Maka dari itu, *output* F memiliki probabilitas yang lebih besar dibandingkan *output* yang lain. Untuk memudahkan pembacaan probabilitas dan konsekuensi pada tiap *output* ETA, berikut ringkasan dari tiap-tiap *output* ETA yang bisa dilihat pada tabel 4.20 :

Tabel 4. 20 Ringkasan Masing-masing *Output* ETA

<b>OUTPUT</b>	<b>PROBABILITAS</b>	<b>KONSEKUENSI</b>	<b>PENALTY MINIMUM (Rp)</b>	<b>PENALTY MAKSIMUM (Rp)</b>
<b>A</b>	0,01959	Proyek berjalan sesuai dengan jadwal	-	-
<b>B</b>	0,00610	2 minggu - 6 minggu	1.069.293.937,49	3.207.881.812,47
<b>C</b>	0,00885	3 minggu - 8 minggu	1.603.940.906,23	4.277.175.749,95
<b>D</b>	0,01113	4 minggu - 14 minggu	2.138.587.874,98	7.485.057.562,42
<b>E</b>	0,02379	4 minggu - 22 minggu	2.138.587.874,98	7.637.813.839,20
<b>F</b>	0,02316	Proyek gagal dilaksanakan	-	-

#### 4.4.6 Konsekuensi Output Event Tree Analysis pada Risk Matrix

Pada tahap ini, dilakukan penentuan kategori risiko pada tiap *output* dalam *risk matrix* (tabel 4.23) sesuai dengan perhitungan probabilitas tiap *output* ETA pada bagian sebelumnya. Probabilitas pada tiap output dicocokkan dengan tabel *Frequency Index* (tabel 4.21) dan konsekuensi pada tiap output dicocokkan dengan tabel *Severity Index* (tabel 4.22). Tabel FI (*Frequency Index*) dan SI (*Severity Index*) mengacu pada DNV RP F107 (*Pipeline Risk Assessment*).

Tabel 4. 21 *Frequency Index*

<b>Category</b>	<b>Description</b>	<b>Quantitative</b>
1 ( <i>Very Low</i> )	<i>So low frequency that event considered negligible</i>	$10^{-6}$
2 ( <i>Low</i> )	<i>Event rarely expected to occur</i>	$10^{-5}$
3 ( <i>Medium</i> )	<i>Event individually not expected to happen, but may happen once</i>	$10^{-4}$
4 ( <i>High</i> )	<i>Event individually may be expected to occur</i>	$10^{-3}$
5 ( <i>Very High</i> )	<i>Event individually may be expected to happen more than once</i>	$10^{-2}$

Sumber : DNV RP F107 (*Pipeline Risk Assessment*)

Tabel 4. 22 *Severity Index*

<b>Category</b>	<b>Description</b>	<b>Delay/Downtime</b>
1 ( <i>Very Low</i> )	<i>Insignificant effect on operation.</i>	0 days
2 ( <i>Low</i> )	<i>Repair can be deferred until schedule shutdown, some cost spend will occur.</i>	< 1 month
3 ( <i>Medium</i> )	<i>Failure causes extended schedule and significant cost spend.</i>	1-3 months
4 ( <i>High</i> )	<i>Failure cause indefinite shutdown and significant facility or system failure cost.</i>	3-12 months
5 ( <i>Very High</i> )	<i>Failures resulting in shut down of project and large cost spend during shut down of production.</i>	1-3 years

Sumber : DNV RP F107 (*Pipeline Risk Assessment*)

Tabel 4. 23 Risk Matrix

		Severity				
		1	2	3	4	5
Frequency	5	Yellow	Red	Red	Red	Red
	4	Green	Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	Green	Yellow	Red	Red
	2	Green	Green	Green	Yellow	Red
	1	Green	Green	Green	Green	Yellow

Sumber : DNV RP F107 (*Pipeline Risk Assessment*)

Keterangan :

*Low* : 

*Medium* : 

*High* : 

Dari tabel *risk matrix* di atas, penentuan kategori risiko tiap *output* dilakukan dengan mencocokkan *frequency index* dan *severity index* dari tiap *output* ETA. Berikut ringkasan output ETA sesuai dengan *frequency index* dan *severity index* yang bisa dilihat pada tabel 4.24 :

Tabel 4. 24 Risiko Keterlambatan Proyek *Onshore Pipeline X* di Melaka

<i>Ouput</i>	Probabilitas	<i>Frequency Index</i>	Konsekuensi	<i>Severity Index</i>	<i>Risk Index</i>
A	0,01959	Very High (5)	Proyek berjalan sesuai dengan jadwal	Very Low (1)	Medium
B	0,00610	High (4)	2 minggu - 6 minggu	Medium (3)	High
C	0,00885	High (4)	3 minggu - 8 minggu	Medium (3)	High
D	0,01113	Very High (5)	4 minggu - 14 minggu	High (4)	High
E	0,02379	Very High (5)	4 minggu - 22 minggu	High (4)	High
F	0,02316	Very High (5)	Proyek gagal dilaksanakan	Very High (5)	High

Dari hasil tabel di atas, kita dapat memasukan hasil tiap-tiap *output* ETA pada tabel *risk matrix* untuk menentukan kategori risiko pada tiap *output* ETA. Terlihat pada tiap *output* ETA memiliki probabilitas yang tinggi, terbukti pada tingkat *frequency index* yang masuk pada tingkat (4) *high* dan (5) *very high*. Sedangkan, konsekuensi tiap *output* ETA termasuk pada tingkat (1) *very low*, (3) *medium*, (4) *high*, dan (5) *very high* pada *severity index*.

Tabel 4. 25 Hasil *Output* ETA pada *Risk Matrix*

		Severity				
		1	2	3	4	5
Frequency	5	A			D,E	F
	4			B,C		
	3					
	2					
	1					

Tabel 4.25 di atas menjelaskan bahwa *output* A masuk dalam kategori *medium risk* dan *ouput* B,C,D,E, dan F masuk dalam kategori *high risk*. Dari semua *output* ETA dalam penelitian ini tidak ada yang masuk ke dalam kategori *low risk* karena semua *output* pada ETA memiliki probabilitas kejadian yang masuk dalam kategory *high* (4) dan *very high* (5).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dalam Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan *network diagram* proyek *onshore pipeline X* di Melaka diawali dengan melakukan pengumpulan data-data seperti rangkaian kegiatan proyek, durasi kegiatan proyek, dan hubungan antar kegiatan proyek (*predecessors*). Selanjutnya, dilakukan pembuatan diagram dengan menggunakan PDM (*Precedence Diagram Method*) untuk memvisualisasikan jalur pengerjaan kegiatan proyek dan hubungan antar kegiatan proyek. Setelah itu, dilakukan perhitungan *forward pass* untuk menghitung besar ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*) dan *backward pass* untuk menghitung besar LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*). Kemudian, dilakukan perhitungan *float* yang didapatkan dari selisih LS dan ES atau LF dan EF. Kegiatan dengan besar *float* sama dengan 0 merupakan kegiatan kritis. Langkah terakhir adalah memasukan semua nilai ES, EF, LS, dan LF ke dalam PDM dan membuat jalur kritis untuk menunjukan kegiatan apa saja yang termasuk kegiatan kritis.
2. Proyek *onshore pipeline X* di Melaka memiliki jalur kritis yang dibentuk oleh 6 kegiatan kritis yaitu *contract award date*, *mechanical & piping* (pekerjaan *engineering*), *bulk material station* (pekerjaan *procurement*), *precommissioning pipeline* (pekerjaan *commissioning*), *hand over document*, dan *initial acceptance*. Semua kegiatan tersebut memiliki float sebesar 0. Sehingga kegiatan tersebut tidak memiliki waktu senggang dan harus diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan agar tidak menyebabkan keterlambatan pada proyek.
3. Menurut hasil analisis *fault tree* (FTA) menghasilkan probabilitas keterlambatan proyek *onshore pipeline X* di melaka sebesar 0,097495. Kemudian, menurut analisis *event tree* (ETA), menghasilkan 6 *output* dengan probabilitas dan konsekuensi pada tiap masing-masing *output* :

a. *Output A*

Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berjalan sesuai dengan jadwal. Proyek memiliki kemungkinan keterlambatan di tengah perjalanan proyek karena adanya probabilitas keterlambatan proyek sebesar 0,097495. Dari hasil probabilitas tersebut maka dilakukan perhitungan probabilitas *Output A* :  $0,097495$  (probabilitas *top event*)  $\times$   $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*)  $\times$   $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*)  $\times$   $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 3*)  $\times$   $0,74$  (probabilitas *yes pivotal event 4*)  $\times$   $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 5*) =  $0,01959$ . Proyek berjalan sesuai jadwal karena semua *pivotal event* terlaksana sehingga tidak dikenakan biaya denda terhadap kontraktor.

b. *Output B*

Probabilitas *Output B* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*)  $\times$   $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*)  $\times$   $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*)  $\times$   $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 3*)  $\times$   $0,74$  (probabilitas *yes pivotal event 4*)  $\times$   $0,24$  (probabilitas *no pivotal event 5*) =  $0,00610$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 2 minggu hingga 6 minggu diakibatkan oleh peralatan tidak tersedia dengan kondisi yang baik dan kurangnya jumlah peralatan proyek. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 1,4% (Rp. 1.069.293.937,49) hingga 4,2% (Rp. 3.207.881.812,47) dari harga kontrak proyek.

c. *Output C*

Probabilitas *Output C* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*)  $\times$   $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*)  $\times$   $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*)  $\times$   $0,76$  (probabilitas *yes pivotal event 3*)  $\times$   $0,26$  (probabilitas *no pivotal event 4*) =  $0,00885$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 3 minggu hingga 8 minggu diakibatkan oleh jumlah tenaga kerja yang tidak mencukupi serta tenaga kerja yang tidak berpengalaman. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 2,1% (Rp.

1.603.940.906,23) hingga 5,6% (Rp. 4.277.175.749,95) dari harga kontrak proyek.

d. *Output D*

Probabilitas *Output D* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*) x  $0,66$  (probabilitas *yes pivotal event 2*) x  $0,24$  (probabilitas *no pivotal event 3*) =  $0,01113$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 4 minggu hingga 14 minggu diakibatkan oleh proses manajemen proyek dan pengawasan proyek tidak terlaksana dengan baik. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 2,8% (Rp. 2.138.587.874,98) hingga 9,8% (Rp. 4.277.175.749,95) dari harga kontrak proyek.

e. *Output E*

Probabilitas *Output E* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,71$  (probabilitas *yes pivotal event 1*) x  $0,34$  (probabilitas *no pivotal event 2*) =  $0,023793$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka berhasil diselesaikan dengan konsekuensi keterlambatan 4 minggu hingga 22 minggu diakibatkan oleh proses pengadaan material yang mengalami keterlambatan. Maka dari itu, kontraktor akan dikenai biaya denda sebesar 2,8% (Rp. 2.138.587.874,98) hingga 10% (Rp. 7.637.813.839,20) dari harga kontrak proyek.

f. *Output F*

Probabilitas *Output F* dihitung sebagai berikut :  $0,097495$  (probabilitas *top event*) x  $0,29$  (probabilitas *no pivotal event 1*) =  $0,023156$ . Proyek *onshore pipeline X* di Melaka tidak dapat diselesaikan karena diakibatkan oleh pembiayaan proyek *onshore pipeline* yang tidak berjalan dengan lancar. Mengingat pendanaan proyek merupakan kunci utama dalam kelancaran suatu proyek.

## 5.2 Saran

Saran yang ingin diberikan penulis adalah pada penelitian keterlambatan proyek mungkin lebih baik difokuskan pada satu hal saja. Misalnya pada tahap *engineering* saja, *procurements* saja atau *construction* saja. Agar penelitian yang dilakukan lebih fokus pada satu aspek saja dan bisa didapatkan hasil yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, A., Riyandi, M. & Ratna, D., 2016. Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Progress Terkait dengan Manajemen Waktu. *Wahana Teknik Sipil*, 21(2), pp. 61-74.
- Alkaff, M. F. & Saggaff, A., 2008. *Primavera untuk Orang Awam*. Palembang: Maxikom.
- Alsana, R., 2014. *Faktor-Faktor Risiko pada Tahap Eksekusi Proyek di Konstruksi EPC yang Berpengaruh kepada Kinerja Waktu*. Depok: Jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia.
- Amalia, R., Rohman, M. A. & Nurcahyo, C. B., 2012. Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo Town Square Menggunakan Metode Fault Tree Analysis. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), pp. 20-23.
- Azizah, N. L., 2016. *Analisa Percepatan Waktu pada Proyek Transmisi Gas Gresik-Semarang dengan Metode Time Cost Trade Off*, Surabaya: Departemen Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aziz, R. F., 2013. Ranking of Delay Factors in Construction Projects. *Alexandria Engineering Journal*, 1(52), pp. 387-406.
- Barihazim, R., 2018. *Analisa Perencanaan Proyek Decommissioning pada Production Barge "Seagood 101"*. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Demeulemeester, E., Kolisch, R. & Salo, A., 2013. Project Management and Scheduling. *Flex Serv Manjuf*, 1(25), pp. 1-5.
- Fallahnejad, M. H., 2013. Delay Causes in Iran Gas Pipeline Projects. *International Journal of Project Management*, Issue 31, pp. 136-146.
- Gebrehiwel, T. & Luo, H., 2017. Analysis of Delay Impact on Construction Project. *Procedia Engineering*, Issue 196, pp. 366-374.
- Hajdu, M., 2015. Continuous Precedence Relations for Better Modelling Overlapping Activities. *Procedia Engineering*, Issue 123, pp. 216-223.
- Kurniawan, R., 2015. *Studi Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Kargo dengan Metode Bow Tie Analysis*. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mohammed, R. M. & Suliman, S. M., 2019. Delay in Pipeline Construction Projects in The Oil and Gas Industry. *International Journal of Constuction Engineering and Management*, 8(1), pp. 24-35.

Orangi, A., Palaneeswaran, E. & J, W., 2011. Exploring Delays in Victoria-Based Australian Pipeline Projects. *Procedia Engineering*, Issue 14, pp. 874-881.

PMBOK, 2008. *A Guide to Project Management Body of Knowledge*. Newtown Square: Project Management Institute.

Proboyo, B., 1999. *Keterlambatan Waktu pada Pelaksanaan Proyek : Klasifikasi dan Peringkat dari Penyebab-penyebabnya*. Jakarta: s.n.

Rafli, F. A., 2016. *Analisis Manajemen Waktu dengan Precedence Diagram Method pada Proyek Hotel dan Apartemen di Bandung*. Bogor: Departemen Teknik Sipil Institut Pertanian Bogor.

Redana, F., 2016. *Analisa Keterlambatan pada Proyek Pembangunan Jacket Structure*. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Renaldi, M. R., 2014. *Analisis Risiko Keterlambatan Proyek Pembangunan Tangki X di TTU-Tuban*. Surabaya: Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Rezky, A., 2018. *Reschedulling Proyek Konstruksi dengan Menggunakan Software Penjadwalan*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Rohmah, M., 2017. *Analisis Faktor Penyebab Kegagalan Proses Requirement Engineering pada Pengembangan Perangkat Lunak*. Surabaya: Departemen Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Santoso, B., 2009. *Manajemen Proyek Konsep dan Implementasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Serpella, A. F., Ferrada, X. & Howard, R., 2014. Risk Management in Construction Projects : A Knowledge Based Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Issue 119, pp. 653-662.

Silva, L. H. R.-d. & Crispim, J. A., 2014. *The Project Risk Management Process, a Preliminary Study*. s.l., Elsevier Ltd..

Sutedjo, A., 2016. *Analisa Biaya Percepatan Optimal dengan Penjadwalan Ulang pada Galangan Kapal*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Szymanski, P., 2017. Risk Management in Construction Projects. *Procedia Engineering*, Issue 208, pp. 174-182.

## **LAMPIRAN**

## BIODATA PENULIS



Muhamad Farid Samad lahir di Batam pada tanggal 26 Desember 1997. Penulis merupakan anak terakhir dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar di SDN Kebon Pedes 3, dilanjutkan tingkat menengah pertama di SMPN 8 Bogor, dan tingkat menengah atas di SMAN 5 Bogor. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2015, penulis melanjutkan studi S-1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) melewati jalur SBMPTN. Selama menempuh masa studi, selain aktif di bidang akademis, penulis juga aktif di berbagai kegiatan intra kampus. Kegiatan intra kampus yang pernah penulis ikuti adalah menjadi Staff Ahli Media dan Informasi HIMATEKLA 2017/2018, Staff Dekorasi OCEANO 2017, Kepala Divisi *Branding* OCEANO 2018. Selain itu, penulis juga pernah menjadi *talent* di acara IDE ART 2017, menjadi staff *visual design* SURABAYA MUN 2018, dan mengikuti kepanitiaan ISOCEEN 2018 (*International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environmental, and Natural Disaster Management*) di bidang *visual design*. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT. Timas Suplindo (Plaza Office Lantai 31) selama 2 bulan. Penulis mengakhiri masa perkuliahan dengan melakukan penelitian pada Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Jadwal dan Risiko Keterlambatan Proyek *Onshore Pipeline X* di Melaka”. Kritik dan saran terhadap penelitian ini dapat disampaikan melalui e-mail penulis yaitu [muh.farid97@gmail.com](mailto:muh.farid97@gmail.com)