



## **TUGAS AKHIR (MO 184804)**

### **ANALISIS RISIKO KETERLAMBATAN PROYEK PERBAIKAN KAPAL PENUMPANG**

**PUTRA PERDANA ADIYUDHA PANGESTU**  
**NRP. 0431154000005**

**DOSEN PEMBIMBING:**

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

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

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

**2019**



**FINAL PROJECT (MO 184804)**

**RISK ANALYSIS OF DELAY ON PASSENGER VESSEL REPAIR  
PROJECT**

**PUTRA PERDANA ADIYUDHA PANGESTU**

**NRP. 04311540000005**

**SUPERVISORS :**

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

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

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING**

**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2019**

**LEMBARAN PENGESAHAN**  
**ANALISIS RISIKO KETERLAMBATAN PROYEK**  
**PERBAIKAN KAPAL PENUMPANG**

**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:

Putra Perdana Adiyudha Pangestu

0431154000005

Disetujui oleh:

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

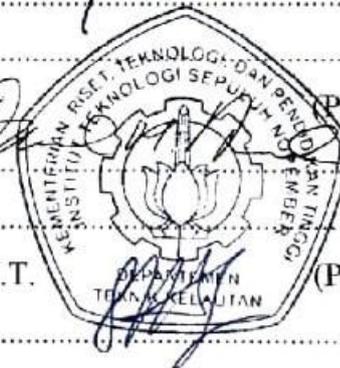
(Pembimbing 1)

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

(Pembimbing 2)

Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

(Penguji 1)



Surabaya, Juli 2019

# ANALISIS RISIKO KETERLAMBATAN PROYEK PERBAIKAN KAPAL PENUMPANG

**Nama Mahasiswa** : Putra Perdana Adiyudha Pangestu  
**NRP** : 0431154000005  
**Jurusan** : Teknik Kelautan FTK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M. RINA

## ABSTRAK

Kapal sangat dibutuhkan untuk alat transportasi pengangkut penumpang untuk menyeberang antar pulau. Kapal Drajat Paciran merupakan kapal penumpang yang harus terus beroperasi, sehingga kapal ini memerlukan perawatan atau *maintenance* secara berkala agar dapat beroperasi dengan semestinya. Kapal ini memiliki kontrak untuk perbaikan yang dikerjakan oleh PT. X, namun dalam pelaksanaannya mengalami keterlambatan. Untuk menganalisis keterlambatan proyek tersebut pada penelitian ini menggunakan 2 metode yang digabungkan yaitu metode *fuzzy logic* dan metode *bowtie analysis*. Dari hasil analisis menggunakan *Fuzzy FTA* didapatkan hasil total peluang kejadian *top event* keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang terjadi sebesar 0,1642. Hasil diagram *Fuzzy ETA* didapatkan hasil kapal penumpang selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan berkisar antara 1 hari – 14 hari diakibatkan berbagai macam faktor dan dikenai denda perharinya yaitu 0,1 % dari total nilai kontrak Rp 714.000.000,-. Jadi denda berkisar antara Rp 1.428.000,- hingga Rp 9.996.000,-. Hasil diagram *Fuzzy ETA* juga didapatkan beberapa konsekuensi yang memiliki level risiko, 2 konsekuensi memiliki level risiko *Low* dan 3 konsekuensi memiliki level risiko *Moderate*. Dalam diagram *bowtie analysis* ditentukan preventif yang berfungsi sebagai pencegahan dan mitigasi yang berfungsi sebagai pengurangan akibat keterlambatan dapat dilihat pada gambar 4.19.

**Kata Kunci:** *fault tree analysis, event tree analysis, bow tie analysis, keterlambatan proyek, reparasi kapal, fuzzy logic.*

# **RISK ANALYSIS OF DELAY ON PASSENGER VESSEL REPAIR PROJECT**

**Name** : Putra Perdana Adiyudha Pangestu  
**NRP** : 0431154000005  
**Department** : Teknik Kelautan FTK-ITS  
**Supervisors** : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M. RINA

## **ABSTRACT**

Vessels are needed for transporting passengers to cross islands. Drajat Paciran is a passenger vessel that must continue to operate, so that this vessel requires periodic maintenance or maintenance in order to operate properly. This vessel has a contract for repairs carried out by PT. X, but the implementation has been delayed. To analyze the delay of the project in this study using 2 methods combined, namely fuzzy logic method and bowtie analysis method. From the results of the analysis using Fuzzy FTA the results of the total chance of the top event event delay in the passenger ship construction project occurred at 0.1642. The results of the Fuzzy ETA diagram are obtained by passenger vessels being repaired but experiencing delays ranging from 1 day - 14 days due to various factors and subject to fines per day of 0.1% of the total contract value of Rp. 714,000,000. So the fine ranges from Rp. 1,428,000 to Rp. 9,996,000. The results of the Fuzzy ETA diagram also have several consequences that have a level of risk, 2 consequences of having a low risk level and 3 consequences having a level of moderate risk. In a preventive determined bow-tie analysis diagram that functions as prevention and mitigation that functions as a reduction due to delays can be seen in figure 4.19.

**Keywords:** fault tree analysis, event tree analysis, bow tie analysis, project delay, vessel repair, fuzzy logic.

## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan baik dan lancar sesuai prosedur yang ditetapkan. Laporan penelitian tugas akhir ini berjudul “ANALISIS RISIKO KETERLAMBATAN PROYEK PERBAIKAN KAPAL PENUMPANG”.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa di dalam penyelesaian karya tulis ini terdapat kekurangan, maka diharapkan kritik dan saran yang membangun.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi kelautan khususnya dibidang manajemen risiko, serta bagi para pembaca dan terutama bagi penulis sendiri.

Surabaya, 2019

Putra Perdana Adiyudha P

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam pengerjaan penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Bantuan tersebut berupa dorongan moral maupun material, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua penulis, untuk do'a, kasih sayang, perhatian, dukungan serta kesabaran yang selama ini telah diberikan kepada penulis.
2. Kepada Ibu Silvianita, ST, M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing I, dan Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M. RINA selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan serta ilmu yang telah dibagikan kepada penulis, sehingga menambah pengetahuan serta wawasan penulis.
3. Pak Firman, Pak Suwardi, Pak Affan, dan Bu Yanti selaku Supervisor dan pembimbing serta seluruh manajer bagian di PT. X, yang telah membantu penulis dengan memberikan data, pengisian kuesioner, wawancara, serta konsultasi objek tugas akhir penulis.
4. Bapak Prof. Ir. Soegiono, Ibu Dr. Eng. Shade Rahmawati ST, MT, dan Bapak Danu selaku penguji sidang akhir penulis, yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun terhadap tugas akhir penulis.
5. Mbak Dwi dan Pak Har selaku petugas TU yang telah membantu membuatkan surat pengantar pengambilan data TA ke PT. X dan membantu pendaftaran sidang TA.
6. Seluruh teman kontrakan perumahan semolowaru elok sebagai tempat melepas penat.
7. Angkatan 2015 "Tritonous" yang sudah memberikan kenangan, memori, pengalaman dan tempat bagi penulis.
8. Keluarga besar Emapal 27 SMAN 1 Klaten yang memberikan rumah kedua saya jika saya kembali ke klaten.
9. Pihak-pihak lain yang membantu penyelesaian penulisan tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Perbaikan Kapal .....	8
2.2.2 Pengerjaan Perbaikan Kapal .....	10
2.2.3 Manajemen Proyek.....	13
2.2.4 <i>Risk Assessment</i> .....	14
2.2.5 <i>Fault Tree Analysis</i> .....	15
2.2.6 <i>Event Tree Analysis</i> .....	18
2.2.7 <i>Bowtie Analysis</i> .....	19
2.2.8 <i>Fuzzy Analysis</i> .....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	27
3.2 Prosedur Penelitian.....	29
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Pengumpulan Data .....	35

4.2	Pengelolaan dan Analisis Data .....	37
4.3	Pengelolaan Data Faktor Penyebab Keterlambatan Perbaikan Kapal ..	37
4.3.1	Proses Perbaikan Kapal Terganggu .....	40
4.3.2	Manajemen Proyek yang Kurang Baik .....	44
4.3.3	Menghitung <i>Fuzzy Possibility</i> (FPs) .....	48
4.3.4	Mengubah <i>Fuzzy Possibility</i> (FPs) menjadi <i>Fuzzy</i> .....	54
4.3.5	Menentukan <i>Probability</i> Top Event.....	55
4.4	Pengolahan Data Faktor Akibat Keterlambatan Proyek Perbaikan.....	59
4.5	Pengolahan Data Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal Penumpang	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		79
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran .....	80
DAFTAR PUSTAKA .....		81
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Utama Kapal KMP. Drajat Paciran .....	1
Tabel 2.1 Simbol-simbol pada FTA.....	17
Tabel 2.2 Tabel skala <i>fuzzy likelihood of a failure</i> .....	23
Tabel 3.1 Tabel skala <i>fuzzy likelihood of a failure</i> .....	31
Tabel 3.2 skala <i>fuzzy number</i> untuk <i>frequency</i> .....	32
Tabel 3.3 <i>Frequency Index</i> untuk <i>risk matrix</i> .....	32
Tabel 3.4 Skala <i>Severity Index</i> untuk <i>risk matrix</i> .....	33
Tabel 3.5 Risk Matrix .....	34
Tabel 4.1 Rencana awal dan realisasi proyek perbaikan kapal.....	36
Tabel 4.2 <i>Basic event</i> dari diagram FTA .....	46
Tabel 4.3 Data diri responden .....	47
Tabel 4.4 Tabel skala <i>fuzzy likelihood of a failure</i> .....	48
Tabel 4.5 Hasil Kuisisioner dari Responden .....	49
Tabel 4.6 Pembobotan Masing – Masing Responden.....	51
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Possibility</i> (FPs).....	52
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Probability</i> (FPr).....	55
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Probability</i> (FPr).....	57
Tabel 4.10 Hasil Kuisisioner dari Responden (FETA).....	64
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Possibility</i> (FPs).....	66
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Probability</i> (FPr).....	69
Tabel 4.13 <i>Frequency Index</i> (FI) untuk <i>risk matrix</i> .....	69
Tabel 4.14 <i>Severity Index</i> (SI) untuk <i>risk matrix</i> .....	70
Tabel 4.15 Hasil Wawancara dan Kuisisioner dari Responden.....	71
Tabel 4.16 <i>Risk Matrix</i> .....	71
Tabel 4.17 Hasil risiko keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang .....	72
Tabel 4.18 <i>Risk Matrix</i> .....	72
Tabel 4.19 Daftar <i>threat</i> pada diagram <i>bowtie</i> .....	75
Tabel 4.20 Daftar <i>consequence</i> pada diagram <i>bowtie</i> .....	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kapal KMP. Drajat Paciran.....	2
Gambar 2.1 Langkah Perbaikan Kapal.....	9
Gambar 2.3 Pendekatan Penilaian Risiko .....	15
Gambar 2.4 Tingkatan <i>Event</i> pada FTA .....	16
Gambar 2.5 Diagram <i>Event Tree Analysis</i> .....	19
Gambar 2.6 Diagram <i>Bowtie Analysis</i> .....	20
Gambar 2.7 Bobot untuk pakar ahli .....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	28
Gambar 3.2 Bobot untuk pakar ahli .....	30
Gambar 4.1 Diagram FTA Keterlambatan Proyek .....	38
Gambar 4.2 Diagram FTA Proses Perbaikan Kapal Terganggu .....	39
Gambar 4.3 Diagram FTA Proses Perbaikan Kapal Terganggu .....	39
Gambar 4.4 Diagram FTA fasilitas perusahaan yang kurang memadai .....	40
Gambar 4.5 Diagram FTA jam orang kurang memadai .....	41
Gambar 4.6 Diagram FTA pekerja terbatas .....	41
Gambar 4.7 Diagram FTA produktifitas pekerja kurang memadai .....	42
Gambar 4.8 Diagram FTA lingkungan bekerja kurang baik.....	42
Gambar 4.9 Diagram FTA penerimaan hasil perbaikan bermasalah .....	43
Gambar 4.10 Diagram FTA item pekerjaan terlambat.....	44
Gambar 4.11 Diagram FTA penanganan manajemen kurang efektif .....	44
Gambar 4.12 Diagram FTA kordinasi antar pihak .....	45
Gambar 4.13 Diagram FTA rencana awal proyek tidak berjalan lancar.....	46
Gambar 4.14 Hasil <i>minimal cut set</i> dari diagram <i>Fuzzy</i> FTA.....	56
Gambar 4.15 Hasil <i>minimal cut set</i> dari diagram <i>Fuzzy</i> FTA.....	58
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan <i>Probability</i> .....	59
Gambar 4.17 Diagram ETA akibat dari proyek perbaikan kapal penumpang .....	61
Gambar 4.18 Diagram <i>Bowtie</i> .....	73
Gambar 4.19 Hasil dari pengerjaan diagram <i>bowtie</i> .....	74

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam perkembangan era modern, kapal merupakan alat transportasi yang penting dalam kegiatan pengangkutan barang dalam jumlah besar atau sebagai alat transportasi penumpang. Di Indonesia sendiri merupakan negara kepulauan yang sebagian besar dikelilingi oleh lautan, sehingga kapal sangat dibutuhkan untuk alat transportasi pengangkut penumpang untuk menyeberang antar pulau. Dalam analisis tugas akhir ini kapal yang akan dibahas merupakan kapal penumpang, kapal penumpang dinilai dalam segi efisiensi biaya lebih murah dibandingkan dengan transportasi pesawat walaupun dalam segi waktu tempuh pesawat lebih unggul.

Kapal penumpang Drajat Paciran merupakan kapal berjenis kapal ro-ro yang dibuat tahun 2015. Kapal Drajat Paciran merupakan kapal penumpang yang harus terus beroperasi, sehingga kapal ini memerlukan perawatan atau *maintenance* secara berkala agar dapat beroperasi dengan semestinya. Perawatan kapal memiliki tujuan untuk menjaga arus dari proses produksi atau operasi. Data ukuran kapal dijelaskan pada tabel 1.1 serta penampakan kapal yang ditunjukkan pada gambar 1.1 berikut.

**Tabel 1.1** Data Utama Kapal KMP. Drajat Paciran

Ukuran Kapal	
<i>Length Over All</i>	80.20 m
<i>Length between Perpendicular</i>	72.00 m
<i>Breath</i>	15.20 m
<i>Height</i>	5.10 m
<i>Draft</i>	3.60 m
<i>Gross Tonnage</i>	2940 ton
Kecepatan Dinas	15 Knot
<i>Classification</i>	BKI



**Gambar 1.1** Kapal KMP. Drajat Paciran

Kapal ini memiliki kontrak untuk perbaikan yang dikerjakan oleh PT. X dari tanggal 1 Desember 2018 – 10 Desember 2018 namun dalam pelaksanaannya mengalami keterlambatan, sehingga realisasi proyek tersebut selesai pada tanggal 24 Desember 2018.

Dalam penyelenggaraan suatu proyek mungkin mempunyai beberapa masalah yang akan di hadapi saat proyek itu berlangsung. Hal ini tentu memerlukan suatu manajemen yang baik sehingga pada akhirnya proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana. Keterlambatan Proyek sering kali menjadi sumber perselisihan dan tuntutan antara pemilik proyek dan kontraktor, sehingga akan menjadi sangat mahal nilainya baik ditinjau dari segi pemilik maupun dari segi kontraktor. Dari segi kontraktor akan dikenakan denda penalti sesuai dengan kontrak sedangkan dari segi pemilik proyek akan mengurangi pendapatan karena penundaan pengoperasian fasilitasnya (Alifen *et al*, 2000).

Diperlukan analisis terhadap keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang untuk mengurangi kemungkinan keterlambatan proyek perbaikan kapal di waktu yang akan datang. Sehingga dalam pengerjaan proyek-proyek di PT. X memiliki manajemen yang baik khususnya dalam manajemen risiko proyek. Dalam tugas akhir ini akan meneliti tentang penyebab keterlambatan serta konsekuensi yang akan timbul akibat keterlambatan proyek perbaikan kapal di PT. X beserta menentukan upaya yang dapat mencegah penyebab dan mengurangi konsekuensi dari studi kasus keterlambatan ini. Dari penelitian ini juga akan ditentukan berapa

level risiko dari beberapa konsekuensi yang muncul akibat masalah yang sudah dijelaskan di awal tadi. Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah keterlambatan perbaikan kapal penumpang ini menggunakan *Fuzzy Bowtie Analysis*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan di kaji dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Apa saja penyebab dan konsekuensi yang timbul dari keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran di PT. X?
2. Berapa level risiko dari setiap konsekuensi yang timbul akibat keterlambatan pada studi kasus penelitian ini?
3. Apa saja upaya yang dilakukan untuk mencegah penyebab keterlambatan dan mengurangi konsekuensi yang terjadi pada proyek perbaikan kapal penumpang?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan di hasilkan dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab dan konsekuensi yang timbul dari keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran di PT. X.
2. Mengetahui level risiko dari setiap konsekuensi yang timbul akibat keterlambatan pada studi kasus penelitian ini.
3. Mengetahui upaya yang dilakukan untuk mencegah penyebab keterlambatan dan mengurangi konsekuensi yang terjadi pada proyek perbaikan kapal penumpang.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari hasil tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab dan konsekuensi yang terjadi dari keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang.
2. Mengetahui upaya yang dilakukan untuk mencegah penyebab keterlambatan dan mengurangi konsekuensi yang terjadi pada proyek perbaikan kapal penumpang.

3. Dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk penelitian berikutnya yang memiliki permasalahan yang sama di bidang manajemen risiko.
4. Sebagai bahan evaluasi untuk proyek perbaikan kapal di PT. X selanjutnya.

### **1.5 Batasan Masalah**

Untuk lebih memfokuskan ruang lingkup permasalahan dalam tugas akhir ini, beberapa batasan masalah diberikan antara lain sebagai berikut :

1. Objek dalam penelitian tugas akhir ini adalah perbaikan kapal penumpang di PT. X yang berfokus pada proyek perbaikan kapal KMP. Drajat Paciran.
2. Beberapa parameter yang digunakan dalam menghitung analisis risiko berasal dari studi literatur sebelumnya.
3. Data yang digunakan hanya berupa survey lapangan, hasil wawancara, data hasil kuisisioner, dan dokumen proyek perbaikan kapal di PT. X.
4. Langkah mitigasi dan preventif yang diberikan hanya berupa faktor teknis untuk mencegah penyebab dan mengurangi konsekuensi keterlambatan.
5. Analisis risiko dari konsekuensi diberikan atas dasar data dan standar yang digunakan dalam penelitian.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika dalam penulisan tugas akhir ini diterangkan sebagai berikut :

1. BAB I : Pendahuluan  
Bab ini berisi penjelasan singkat tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.
2. BAB II : Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori  
Bab ini menerangkan tentang tinjauan pustaka yang berisi penelitian-penelitian sebelumnya yang dipakai sebagai acuan dalam penelitian tugas akhir ini. Di bab ini juga ada terdapat dasar teori yang digunakan penulis untuk mengerjakan penelitian tugas akhir ini.

3. BAB III : Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang metodologi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir. Di dalam bab ini juga menjelaskan langkah-langkah pengerjaan penulis untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

4. BAB IV : Analisis Data dan Pembahasan

Bab ini menerangkan tentang pembahasan permasalahan, pengidentifikasian masalah, menganalisis data berdasarkan pengumpulan data sehingga menjadi hasil yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini.

5. BAB V : Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis data berdasarkan permasalahan yang dibahas pada penelitian tugas akhir ini serta beberapa saran dari penelitian ini yang dapat digunakan penelitian selanjutnya untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Banyak penelitian sebelumnya yang membahas tentang analisis keterlambatan suatu proyek dengan beberapa metode penyelesaian. Seperti yang dikerjakan oleh Karen (2018) meneliti tentang penjadwalan ulang proyek perbaikan kapal kargo MV. Blossom dengan menggunakan metode *critical path method* (CPM) dari penjadwalan awal selesai selama 101 hari menjadi 41 hari. Percepatan penjadwalan tersebut didasari dengan pencarian faktor penyebab keterlambatan proyek, ditemukan tiga penyebab utama keterlambatan yaitu peralatan terbatas, peralatan jarang dirawat, dan jumlah tenaga kerja.

Pada penelitian yang dilakukan Amalia (2012) tentang menemukan pekerjaan apa saja yang menyebabkan keterlambatan pada proyek pembangunan *sidoarjo town square* dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) dan *method obtain cut set* (MOCUS). Dari penelitian yang disebutkan hanya mencari faktor penyebab keterlambatan proyek.

Sedangkan yang dilakukan Kurniawan (2015), yang meneliti tentang keterlambatan proyek pembangunan kapal kargo menggunakan *bowtie analysis*, dengan mencari pencegahan terhadap penyebab dan pengurangan konsekuensi dari akibat keterlambatan proyek. Banyak penelitian yang menggunakan metode *bowtie analysis*.

Seperti yang dikerjakan Niken (2018) melakukan penelitian mengenai analisis risiko keterlambatan perbaikan kapal tanker menggunakan metode *bowtie analysis*, dalam penelitian ini mencari penyebab paling dominan keterlambatan dan beberapa skenario konsekuensi dalam segi keuangan beserta menentukan level risiko dari setiap skenario.

Kemudian penelitian lain Novega (2015) melakukan penelitian mencari sebab dan akibat dari keterlambatan pada proses *Pressure Part HRSG (Heat Recovery Steam Generator)* menggunakan metode *Bowtie Analysis*. Penelitian yang dilakukan Prakoso (2018) juga melakukan penelitian

menggunakan metode *Bowtie Analysis* dengan studi kasus produksi *Fore Boulbous Bow* Kapal Tanker MT. Pangkal Brandan di PT. PAL Indonesia (Persero).

Tetapi dari penelitian yang disebutkan hanya menggunakan metode *bowtie analysis*, karena *bowtie analysis* terdapat kekurangan yaitu terbatas pada representasi grafis dari skenario kejadian, tidak ada perhitungan risiko dengan peluang kejadian tertinggi (Baddredine, 2013). Sehingga diperlukan *fuzzy logic* untuk mengatasi kelemahan itu. *Fuzzy logic* telah terbukti efektif dan efisien dalam mengatasi ketidakpastian, ketidaktepatan, dan kesubjektifan karena kurangnya informasi (Ferdous, 2013).

Beberapa penelitian ada yang menggunakan metode *fuzzy bowtie analysis*, seperti yang dilakukan Wicaksono (2017) melakukan penelitian tentang risiko pada perbaikan bengkel *sub assembly* kapal niaga menggunakan metode *fuzzy bowtie analysis*, pada penelitian ini menggabungkan metode *bowtie analysis* dengan *fuzzy logic*. Dalam penelitian ini juga berfokus pencarian faktor penyebab risiko paling dominan dan konsekuensi dari risiko studi kasus perbaikan bengkel *sub assembly* kapal niaga menggunakan *fuzzy logic*.

Sedangkan Abirawa (2018) melakukan penelitian tentang risiko proses produksi *plate*, penelitian ini berfokus untuk mencari penyebab dari risiko dan menghitung *probability* dari penyebab beserta konsekuensi menggunakan *fuzzy logic* ditambah analisis menggunakan metode *fishbone diagram*.

Kemudian penelitian lain dari jurnal internasional Mokhtari *et al* (2011) membahas mengenai manajemen risiko terhadap terminal pelabuhan laut dan *offshore* dengan menentukan *possibility* faktor penyebab risiko menggunakan *Fuzzy Fault Tree Analysis* dan juga menentukan *possibility* konsekuensi dari risiko tersebut menggunakan *Fuzzy Event Tree Analysis*. Dari penelitian ini juga mencari peringkat atau *ranking* dari setiap kejadian dari *basic event* penyebab dan *ouput event* dari konsekuensi konsekuensi. Penelitian lain yang dikerjakan Zarei *et al* (2018) berfokus pada penelitian sistem proses dengan analisis keselamatan menggunakan metode *fuzzy*

*bayesian network*. Dalam penelitian ini mencari *probability* dari studi kasus risiko kecelakaan *natural gas release* dengan cara menggunakan *fuzzy logic* untuk mencari *possibility* setiap kejadian kemudian diubah menjadi *probability* kegagalan dari setiap kejadian.

Pada penelitian Aqlan *et al* (2014) meneliti tentang penilaian risiko (*risk assessment*) untuk industri kimia menggunakan metode *bowtie analysis* dan teori *fuzzy logic*. Dari penelitian ini ditemukan faktor risiko dan konsekuensi yang timbul dari perencanaan produk kimia, pada setiap faktor risiko dan konsekuensi juga dicari *probability* masing-masing yang didapatkan dari responden yang berpengalaman. Dari penelitian ini juga dicari tingkat risiko pada matrix risiko dengan mengalikan *probability score* dan *impact score* dari masing-masing faktor risiko.

Dari penelitian sebelumnya, penulis menggunakan metode *Fuzzy Bowtie Analysis* untuk menyelesaikan evaluasi risiko keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang di PT. X.

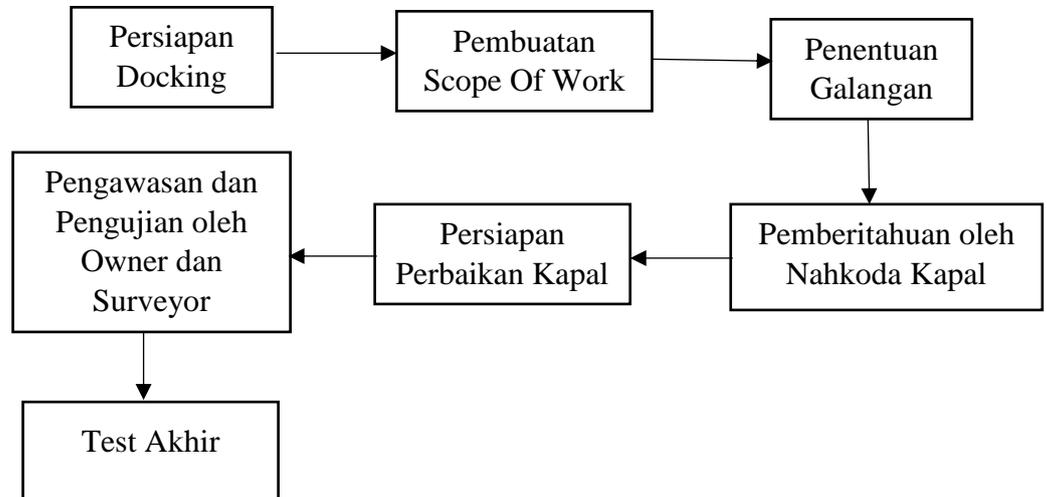
## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Perbaikan Kapal**

Dalam pemenuhan permintaan alat transportasi kapal harus selalu terpenuhi, kapal memerlukan perawatan atau *maintenance* secara berkala agar dapat beroperasi dengan semestinya. Perawatan dapat dilakukan, ada dua jenis survei yaitu : (BKI Vol I, 2016)

1. Survei Periodik
2. Survei Non Periodik

Berikut ini adalah langkah-langkah perawatan :



**Gambar 2.1** Langkah Perbaikan Kapal

(Sumber : BKI “*Rules for Classification and Surveys*”, 2016 )

Perawatan dan perbaikan kapal dilaksanakan secara umum ada 3 (tiga) jenis (Iskandar, 2010) :

1. *Docking Repair*

Perbaikan kapal menyeluruh dan dilakukan secara periodik. Pekerjaan yang dilakukan pada saat *docking repair* seperti Pelayanan umum, Pekerjaan lambung, Pekerjaan *anchor handling*, Pekerjaan pada sistem permesinan kapal, Pekerjaan pada sistem permesinan kapal, Pekerjaan tangki-tangki, Pekerjaan pada alat keselamatan, Pekerjaan pada alat-alat navigasi, dan Pekerjaan pada ruang akomodasi.

2. *Running Repair*

Kegiatan perbaikan kapal yang dapat dilakukan pada saat kapal melakukan pelayaran atau saat beroperasi, jenis pekerjaan yang dilakukan adalah pekerjaan yang berada di atas garis air dan pekerjaan perbaikan dalam kapal.

### 3. *Floating Repair*

Kegiatan perawatan dan perbaikan kapal yang dilakukan ketika kapal berada diatas air, kegiatan ini dilakukan setelah kapal turun dari *dock* di sekitar galangan atau ketika kapal ini berada di pelabuhan.

## 2.2.2 Pengerjaan Perbaikan Kapal

Dari penelitian Karen (2018) menjelaskan tentang langkah-langkah pengerjaan perbaikan kapal pada umumnya. Penjelasan langkah-langkahnya dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Pembersihan dan Pengecatan Badan Kapal

#### a. Pembersihan Badan Kapal

Sebelum dilakukan perbaikan badan kapal dibersihkan dulu dari binatang dan biota laut yang menempel pada pelat kapal. Pembersihan dimulai dengan mensekrap atau menggunakan *waterjet* sampai binatang dan boita laut terlepas dari pelat kapal. Dilanjutkan dengan *sandblasting* atau *wirebrush* kemudian dibersihkan dengan menyemprotkan air tawar dan dikeringkan.

#### b. Pengecatan Badan Kapal

Pengecatan badan kapal dapat dilakukan dengan kuas cat, *roller* maupun unit semprot cat sesuai dengan tingkat daerah kesulitan pengecatan. Jenis cat yang digunakan adalah : cat dasar, cat AC (*anti corrosive*/anti karat) dan cat AF (*anti folling*/anti binatang atau tumbuhan laut). Pengecatan dilakukan setelah badan kapal selesai diblasting. Sebelum dicat, badan kapal harus benar-benar bersih dari debu atau sejenisnya

### 2. Pemeriksaan dan Pemotongan Pelat Badan Kapal

#### a. Pemeriksaan Tebal Plat

Sebelum dilakukan pengetesan tebal kulit, ditentukan terlebih dahulu titik-titik yang dicurigai mengalami pengurangan ketebalan dengan menggunakan palu ketok. Pekerjaan selanjutnya dengan bantuan *unit ultrasonic test, tester* pada

bagian yang telah digerinda dengan cara menempelkan kabel dari alat tersebut pada titik uji. Maka jarum skala akan menunjukkan skala ketebalan pelat dalam satuan milimeter Apabila tebal pelat setelah diuji ketebalannya berkurang  $>20\%$  dari tebal pelat semula, maka perlu dilakukan *replating*.

b. Pemotongan Pelat Badan Kapal

Kulit lambung dipotong untuk diganti dengan pelat baru karena dideteksi pelat lama terdapat pengurangan ketebalan sehingga melebihi batas toleransi *class*.

c. Penggantian Pelat Badan Kapal

Pelat yang diganti adalah pelat dengan tebal dibawah 80% dari tebal semula.

**3. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Peralatan di Bawah Garis Air**

a. *Propeller*

- Melepas *propeller*

- Pelepasan poros *propeller*

Poros yang telah lama digunakan harus dirawat, untuk itu poros tersebut harus dilepas dulu dari dudukannya untuk dibawa ke bengkel mekanik dan dilakukan perawatan. Untuk Pengukuran *gap*, selisih antara *gap* awal dengan *gap* setelah pengukuran maksimal 3 mm. Apabila lebih dari 3 mm, maka perlu direpair atau diganti.

- Pemeriksaan kelurusan poros *propeller*

Untuk pemeriksaan poros *propeller* digunakan mesin bubut yang telah dirangkai dengan batang penunjuk pada eretan memanjang.

- Pengujian *colour check* / MPT

Dilakukan untuk mengetahui keretakan yang mungkin terjadi pada *shaft*/poros *propeller*.

- *Balancing propeller*

Dilakukan untuk memastikan bahwa masing-masing daun *propeller* sama agar gaya yang dihasilkan oleh *propeller* dapat optimal.

- Pemasangan *propeller*

b. Daun Kemudi

- Melepas daun kemudi

- Memasang daun kemudi

Sebelum dipasang pada tempatnya, daun kemudi terlebih dahulu di periksa apakah masih layak pakai atau tidak, jika sudah tidak layak apakah harus diganti atau hanya perlu diperbaiki saja.

c. Pemasangan *Zinc Anode*

Pemasangan *zinc anode* pada bagian kapal yang tercelup didalam air laut dimaksudkan untuk mengurangi korosi yang terjadi di sekitar daerah yang dipasang *zinc anode*. Jarak pemasangan *zinc anode* pada arah memanjang kapal disekitar lambung  $\pm 6,5$  meter dan arah vertikal  $\pm 4$  meter. Untuk pemasangan pada daun kemudi dipasang secukupnya ( $\pm 4$  buah ).

#### 4. Pemeriksaan Hasil Las-lasan

Dalam pemeriksaan hasil las-lasan dapat digunakan metode berikut ini:

- Menggunakan kapur dan solar
- Menggunakan air bertekanan
- Menggunakan udara bertekanan

#### 5. Pemasangan Rantai Jangkar

Rantai jangkar diturunkan ke *graving dock* dengan *crane*. Setelah jangkar turun disusul dengan memberikan material timah untuk mencegah karat pada keeling. Setelah semuanya selesai jangkar kemudian dinaikkan.

## **6. Pemeriksaan Kelistrikan Kapal**

Pemeriksaan kelistrikan kapal dilakukan agar penyuplaian listrik pada kapal selalu tersedia saat kapal berlabuh, bongkar muat, *manuvering* dan yang lainnya. Untuk memastikan hal tersebut dengan cara memperbaiki atau mengganti bagian-bagian yang rusak.

## **7. Pemeriksaan Perpipa pada Kapal**

Pemeriksaan pipa dilakukan untuk menjaga agar pipa saat menyalurkan cairan berfungsi dengan baik. Pemeriksaan pipa kebanyakan dilakukan secara visual, pemeriksaan visual dilakukan dengan memastikan apakah pipa itu tidak terjadi kebocoran saat menyalurkan cairan tersebut, dan bila terjadi kebocoran bisa diperbaiki atau diganti baru.

### **2.2.3 Manajemen Proyek**

Menurut Bambang Pujiyono (2014), konsep manajemen diidentifikasi sebagai berikut :

1. Kegiatan manajemen memiliki unsur seperti kumpulan orang, kerja sama, dan tujuan yang ingin dicapai.
2. Kegiatan manajemen dapat berhasil jika didukung oleh prinsip-prinsip manajemen mulai dari perencanaan, pengorganisasian, penggerak, dan pengendalian.
3. Kegiatan manajemen dapat berhasil jika didukung oleh sumber daya manajemen mulai dari sumber daya manusia, uang, material metode kerja yang baik, mesin.
4. Kegiatan manajemen dilakukan dalam rangka untuk mencapai tujuan organisasi secara efektif dan efisien.

Menurut Heizer dan Render (2006), manajemen proyek adalah suatu susunan aktivitas yang didalamnya terdiri dari kegiatan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek berupa beberapa aktivitas. PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) yang diterjemahkan oleh Santosa (2009) menerangkan manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan, keterampilan, alat dan teknik dalam

aktivitas-aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek.

Dari penjelasan yang disebutkan manajemen adalah alat yang digunakan untuk merencanakan, mengendalikan dan mengatur suatu kegiatan sehingga dapat tercapai tujuan yang diharapkan secara optimal, sedangkan manajemen proyek adalah alat yang mengendalikan atau mengatur proyek sehingga dapat terlaksana dengan hasil yang optimal, efisien, dan efektif dengan mengendalikan faktor penunjang manajemen proyek yaitu waktu, biaya, dan mutu.

#### **2.2.4 Risk Assessment**

Menurut *Risk Management Handbook* (2018), proses penilaian risiko sangat cocok untuk pendekatan terstruktur dan sistematis. Untuk yang kompleks atau lebih kepada isu-isu yang bersifat luas dapat difasilitasi *workshop* yang melibatkan beberapa peserta dengan perspektif yang berbeda-beda dan menggunakan fasilitator yang berpengalaman untuk memimpin diskusi sehingga dapat membantu memberikan tujuan perspektif lain.

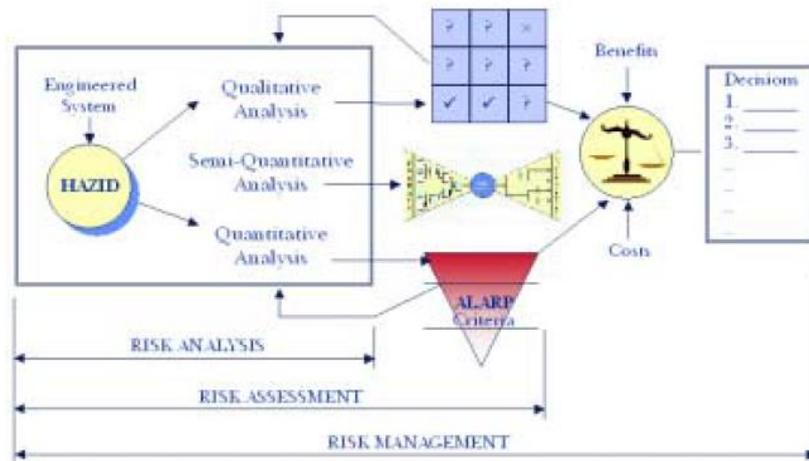
Dari penjelasan diatas, *risk assesment* dapat disimpulkan penilaian atau pengukuran kemungkinan risiko berdasarkan perbandingan standar risiko. Penilaian risiko dapat dilakukan dengan pendekatan kualitatif, semi kuantitatif dan kuantatif, penilaian risiko ini juga bersifat subjektif karena penilaian yang diambil berasal dari pendapat orang yang berbeda-beda.

Berdasarkan *DNV-Marine Risk Assessment* (2002) terminologi untuk studi risiko diantaranya adalah sebagai berikut :

- Analisis risiko (*Risk Analysis*) : estimasi risiko dari kegiatan dasar yang dilakukan.
- Penilaian risiko (*Risk Assesment*) : *review* untuk penerimaan berdasarkan perbandingan dengan standar risiko atau kriteria risiko, dan pengadilan berbagai langkah pengurangan risiko.

- Manajemen risiko (*Risk Management*) : proses pemilihan langkah-langkah pengurangan risiko yang tepat dan menerapkannya dalam pengelolaan kegiatan.

Pada gambar 2.3 akan menggambarkan lebih jelas tentang *risk assessment*.



**Gambar 2.2** Pendekatan Penilaian Risiko

(Sumber : DNV – Marine Risk Assessment, 2002)

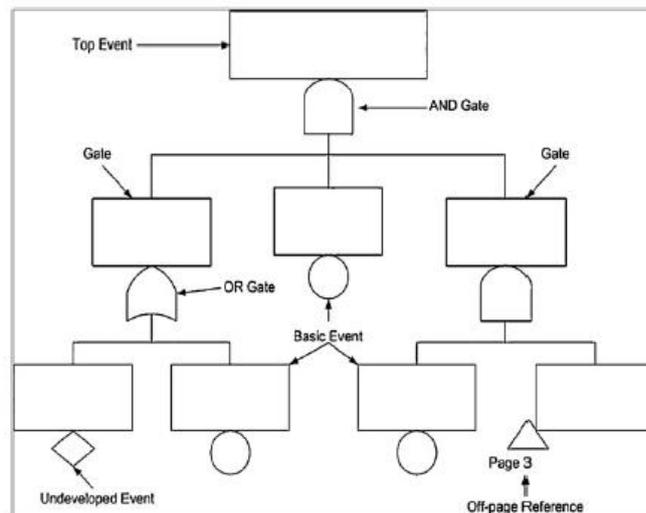
### 2.2.5 Fault Tree Analysis

Menurut Ericson (2005) *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah teknik analisis sistem digunakan untuk menentukan akar penyebab permasalahan dan kemungkinan terjadinya kejadian tertentu yang tidak diinginkan. Menggunakan metodologi yang ketat dan terstruktur, FTA memungkinkan menganalisis sistem untuk model kombinasi unik dari peristiwa kesalahan yang dapat menyebabkan kejadian yang tidak diinginkan terjadi.

Pada dasarnya FTA berfungsi untuk menemukan faktor penyebab dan menjelaskan peluang terjadinya kejadian dari permasalahan yang tidak diinginkan. Dengan begitu dengan FTA kita dapat mencegah kejadian dari permasalahan yang tidak diinginkan selanjutnya sehingga tidak terulang kembali, FTA juga bisa digunakan evaluasi pada suatu permasalahan. Pada FTA terdiri dari beberapa tingkatan kejadian atau *event* yaitu *top event*, *intermediate event*, dan *basic*

*event*. *Top event* adalah puncak dari pohon kesalahan atau juga sebagai kegagalan suatu sistem. Sedangkan *intermediate event* dan *basic event* berfungsi untuk menjelaskan faktor-faktor yang menyebabkan suatu kegagalan sistem secara sistematis. FTA menggunakan gerbang logika untuk menghubungkan antara *top event*, *intermediate event*, dan *basic event*.

Tingkatan tingkatan kejadian atau *event* pada FTA ditunjukkan dengan gambar gambar 2.4.



**Gambar 2.3** Tingkatan *Event* pada FTA

(Sumber : Mokhtari *et al*, 2011)

Langkah-langkah dalam pembuatan FTA (*Fault Tree Analysis*) sebagai berikut (Ericson, 2005):

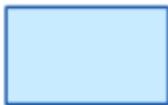
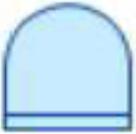
1. Memahami desain sistem dan operasi. Memperoleh data dari sistem yang ditinjau.
2. Secara deskriptif mendefinisikan masalah dan menetapkan hal yang tidak diinginkan untuk menganalisis sistem.
3. Tentukan aturan dasar analisis dan batasan cakupan masalah.
4. Mengikuti proses perbaikan, aturan, dan logika untuk membangun diagram *fault tree analysis*.
5. Menghasilkan *cut set* dan *probability* kemudian mengidentifikasi hubungan rantai yang lemah atau disebut *minimal cut set*.

6. Validasikan ke responden apakah diagram *fault tree analysis* sudah benar, lengkap, dan akurat yang menggambarkan sistem.
7. Memodifikasi diagram *fault tree analysis* sesuai dengan kondisi kenyataan yang ditemukan selama validasi dengan responden.
8. Melengkapi dokumen pada proses analisis dengan data pendukung.

Dalam penyusunan diagram FTA ada beberapa simbol untuk merangkai akar permasalahan, tabel 2.1 menjelaskan tentang simbol-simbol yang biasa digunakan dalam penyusunan diagram FTA.

**Tabel 2.1** Simbol-simbol pada FTA

(Sumber : Foster, 2004)

Simbol	Nama	Diskripsi
	<i>Description Box</i>	Deskripsi dari sebuah <i>output</i> dari <i>logic symbol</i> atau sebuah kejadian.
	<i>AND Gate</i>	Kejadian dapat terjadi bila seluruh kondisi yang lebih rendah berikutnya adalah benar.
	<i>Priority AND Gate</i>	Kejadian dapat terjadi bila semua kondisi yang lebih rendah berikutnya terjadi dalam urutan yang spesifik.
	<i>OR Gate</i>	Kejadian dapat terjadi bila ada salah satu atau lebih rendah berikutnya adalah benar.
	<i>Inhibit (Penghalang)</i>	<i>Output</i> kesalahan terjadi jika kesalahan <i>input</i> (tunggal) terjadi di hadapan kejadian bersyarat yang memungkinkan.
	<i>Transfer</i>	Mengindikasikan adanya transfer informasi.

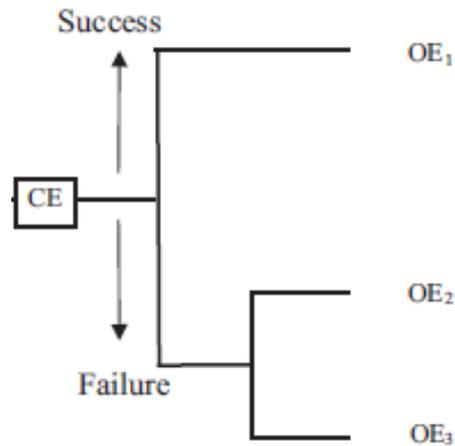
(lanjutan) **Tabel 2.2** Simbol-simbol pada FTA

Simbol	Nama	Diskripsi
	<i>Basic Event</i>	Kejadian yang bersifat internal ke sistem analisis, tidak memerlukan pengembangan lebih lanjut.
	<i>House</i>	Kejadian yang bersifat eksternal ke sistem analisis, tidak memerlukan pengembangan lebih lanjut.
	<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian yang tidak dikembangkan lebih lanjut karena karena rincian yang diperlukan untuk mengembangkan kejadian selanjutnya tidak tersedia.
	<i>Conditional Event</i>	Sebuah kondisi yang diperlukan modus kegagalan untuk terjadi.

### 2.2.6 Event Tree Analysis

*Event Tree Analysis* adalah teknik analisis induktif dengan model grafis, yang memungkinkan menghasilkan *output* dari *initiating event* yang mengarah kemungkinan kecelakaan (ABS, 2000). Sehingga tujuan utama dari *Event Tree Analysis* adalah untuk mengevaluasi semua hasil yang mungkin terjadi dan dapat diakibatkan dari sebuah *initiating event* dan *privotal event*. Dengan menganalisis semua hasil yang mungkin terjadi untuk menentukan persentase hasil yang mengarah pada hasil yang diinginkan dan persentase hasil yang mengarah pada hasil yang tidak diinginkan (Ericson, 2005). Pada gambar 2.5 menunjukkan konsep awal membentuk diagram ETA dengan tahapan awal dari menentukan *initiating event*, *privotal event*, hingga *output event event*.

Post-events side: ET development			
Critical Event (CE)	$E_1$	$E_2$	Outcome events (OE)



**Gambar 2.4** Diagram *Event Tree Analysis*

(Sumber : Ferdous *et al*, 2013)

Menurut Ericson (2005) ada beberapa tahapan dalam proses *Event Tree Analysis* adalah :

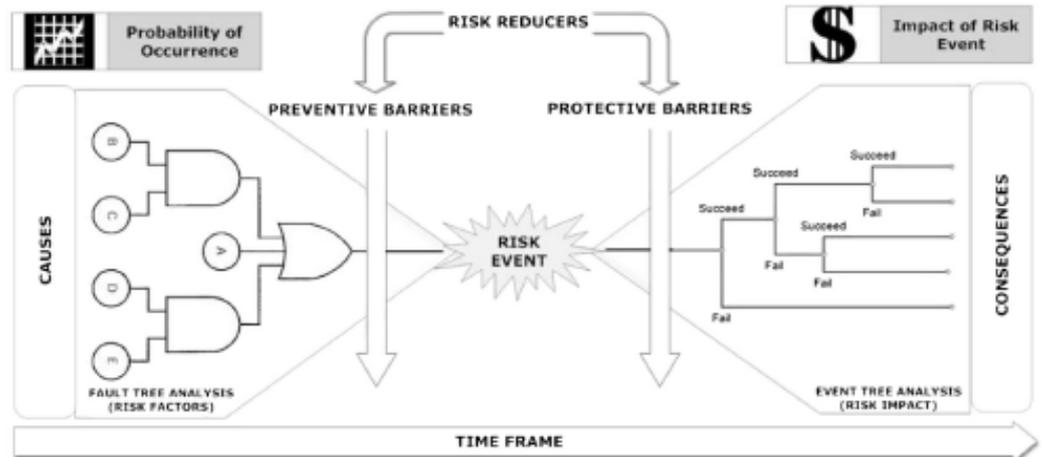
1. Definisikan Sistemnya
2. Identifikasi bahaya kecelakaan
3. Identifikasi kejadian awal
4. Identifikasi *pivotal events*
5. Membuat *event tree* diagram
6. Menentukan *probability* kegagalan
7. Identifikasi hasil risiko
8. Evaluasi hasil risiko
9. Menggolongkan hasil risiko ke *risk matrix*
10. Menyarankan tindakan korektif
11. Dokumen *Event Tree Analysis*

### 2.2.7 *Bowtie Analysis*

Menurut Markowski dan Kotynia (2011), Metode yang mencakup skenario kecelakaan yang paling lengkap (skenario kejadian kerugian)

menggunakan model *Bowtie*. *Bowtie Diagram* terdiri dari *Fault Tree* (FT) yang mengidentifikasi penyebab *top event* atau *loss event*, biasanya mewakili kejadian yang tidak diinginkan. *Event Tree* (ET) menunjukkan konsekuensi dari kejadian yang tidak diinginkan tersebut terjadi. Dalam model "*Bowtie*" semua koneksi antara *initiating events*, *loss event* dan *outcome events* (OEs) diidentifikasi secara penuh.

Jadi *bowtie analysis* adalah sebuah metode yang dapat memberi visual untuk mengetahui penyebab dan konsekuensi suatu jalur kejadian risiko, dengan menggabungkan antara kedua metode yaitu metode *Fault Tree Analysis* dan metode *Event Tree Analysis*. Dari metode ini juga didapatkan *barrier* (pelindung) untuk penyebab yang biasa disebut *preventive* dan untuk pengurangan konsekuensi (*impact*) disebut juga *mitigation*.



**Gambar 2.5** Diagram *Bowtie Analysis*

(Sumber : Aqlan *et al*, 2014)

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk membuat *bowtie analysis*, menurut Soehatman (2010) ada 8 tahapan untuk melakukan *bowtie analysis* dijelaskan sebagai berikut :

1. Menentukna Bahaya

Bahaya (*Hazard*) adalah segala sesuatu yang berpotensi menimbulkan insiden.

2. Menentukan *Top Event*

*Top Event* merupakan berbagai bahaya (*Hazard*) yang dapat dianalisis dan dikaji risikonya, dan dapat mengakibatkan konsekuensi.

3. Menentukan *Threat*

*Threat* penyebab terjadinya suatu *Top Event* tersebut.

4. Menentukan konsekuensi

Kejadian dapat menimbulkan konsekuensi atau konsekuensi yang keparahannya bisa bermacam-macam

5. Menetapkan *Barrier*

Perbedaan *Bowtie* dengan metode lainnya adalah terletak pada *barrier* nya. *Barrier* berguna untuk mencegah kemungkinan terjadinya kegagalan. Dalam manajemen risiko, ini dikenal sebagai *likelihood* atau kemungkinan terjadi. Jika *barrier*nya baik, maka bahaya tidak akan berubah menjadi insiden.

6. Menentukan *Barrier* Mitigasi

*Barrier* mitigasi berguna untuk menekan konsekuensinya. Mitigasi juga memiliki 3 unsur yaitu teknis, administrasi, dan manusia.

7. Mencari oskilator untuk *barrier*

Pada metode *Bowtie Analysis* ini berusaha untuk mencari akar permasalahannya (*root causes*), dalam metode ini dikenal dengan *oscilating factor* atau faktor yang dapat memicu kegagalan dan keberhasilan dari suatu *barrier*.

8. Mencari oskilator untuk mitigasi

Untuk sisi mitigasi, dicari faktor yang mempengaruhi keandalann sistem pengaman.

### 2.2.8 *Fuzzy Analysis*

Dalam pengambilan keputusan biasanya terdapat keputusan yang ambigu dan tidak jelas, seharusnya dalam pemecahan masalah pengambilan keputusan harus dilakukan secara tepat dan akurat.

Dalam hal ini ketidakpastian dan ketidakjelasan biasa disebut *fuzzy*, jadi dalam bahasa Indonesia kata *fuzzy* berarti kabur, ambigu, tidak jelas, atau ketidakpastian. *Fuzzy logic* pada awalnya ditemukan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965, mulai saat penemuan itu *fuzzy logic* banyak digunakan dalam bidang pengambilan keputusan, manajemen, dan memetakan suatu pola. *Fuzzy logic* mempunyai derajat keanggotaan antara 0 sampai 1 berbeda dengan logika digital yang mempunyai dua keanggotaan yaitu 0 dan 1. Menurut Keller dan Tahani (1992) *fuzzy logic* diperkenalkan untuk mengatasi ketidakjelasan penilaian manusia, yang berorientasi pada rasionalitas ketidakpastian disebabkan oleh ketidaktepatan atau ketidakjelasan.

Berikut ini adalah beberapa alasan orang-orang menggunakan *fuzzy logic* (Kusumadewi, 2005):

1. Konsep *fuzzy logic* mudah dipelajari karena memiliki konsep matematis sebagai dasar dari penalaran *fuzzy* yang sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. *Fuzzy logic* sangat fleksibel dalam penggunaan.
3. *Fuzzy logic* mempunyai toleransi pada data-data yang tidak tepat.
4. *Fuzzy logic* dapat membentuk model fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. *Fuzzy logic* mampu membangun dan menimplementasikan pengalaman para pakar ahli secara langsung tanpa melalui pelatihan.
6. *Fuzzy logic* dapat digunakan atau dikombinasikan dengan beberapa teknik kendali konvensional.
7. Dasar dari *fuzzy logic* adalah bahasa alami.

Menurut Aqlan *et al* (2014) *fuzzy logic* digunakan untuk mencari agregat ataupun nilai dari variabel kata (linguistik) dari responden diubah menjadi kumpulan angka. Sedangkan menurut Shahriar (2012) Skala yang menggunakan *fuzzy logic* lebih fleksibel, sehingga mempermudah peneliti untuk menilai variabel linguistik sesuai

dengan kondisi di lapangan. Dalam pengerjaan tugas akhir ini menggunakan variabel linguistik dan *fuzzy number* sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Tabel skala *fuzzy likelihood of a failure*

(Sumber : Mokhtari *et al*, 2011 )

<i>Grade</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Membership Function</i>
1	<i>Very Low</i> (VL)	(0.00, 0.00, 0.25)
2	<i>Low</i> (L)	(0.00, 0.25, 0.50)
3	<i>Medium</i> (M)	(0.25, 0.50, 0.75)
4	<i>High</i> (H)	(0.50, 0.75, 1.00)
5	<i>Very High</i> (VH)	(0.75, 1.00, 1.00)

Dari tabel diatas dapat dilihat ukuran *grade*, variabel linguistik, dan *fuzzy number* yang mewakili variabel linguistik sehingga dapat dihitung *possibility*.

Dalam *Fault Tree Anlaysis*, *fuzzy logic* digunakan untuk operasi dalam menghitung gerbang logika. Menurut Cheong (2004) bentuk *fuzzy* dari gerbang "AND" dan "OR" fungsi dapat diperoleh dalam Persamaan 2.1 dan 2.2.

$$\tilde{P}_{(AND)} = \prod_{i=1}^n \tilde{P}_i \quad (2.1)$$

$$\tilde{P}_{(OR)} = \tilde{1} \ominus \prod_{i=1}^n (\tilde{1} \ominus \tilde{P}_i); \quad \tilde{1} = (1, 1, 1) \quad (2.2)$$

Dimana P adalah *possibility* kejadian dari peristiwa puncak (*Top Event*) dan Pi adalah *probability* kegagalan dari *event* i, n merupakan jumlah dari *event*.

Menurut Ertugrul *et al* (2007) dalam penelitiannya lebih mudah menggunakan *Triangular Fuzzy Numbers* (TFN) karena sederhana, dan TFN berguna dalam mempromosikan representasi dan pemrosesan informasi dalam lingkungan *fuzzy*, sehingga dalam

penelitian ini menggunakan *triangular fuzzy number* (TFN). Fungsi keanggotaan dari TFN adalah sebagai berikut :

$$\mu_{\tilde{M}(x)} = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq l \\ \frac{x-l}{m-l}, & \text{if } l < x < m \\ 1, & \text{if } x = m \\ \frac{u-x}{u-m}, & \text{if } m < x < u \\ 0, & \text{if } x \geq u \end{cases} \quad (2.3)$$

Kemudian dalam pengoprasian dasar perhitungan dalam lingkungan fuzzy seperti penjumlahan, perkalian, dan pengurangan menggunakan persamaan berikut (Yang, 2007):

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 \oplus l_2, m_1 \oplus m_2, u_1 \oplus u_2) \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 \ominus \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 \ominus u_2, m_2 \ominus m_1, u_1 \ominus l_2) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Kemudian mengubah variabel linguistik menjadi *fuzzy number* dan menggabungkan bobot pendapat para ahli menjadi satu *fuzzy number*. Seperti yang dijelaskan oleh Clemen *et al* (1999) yaitu terkadang ada perbedaan pendapat antara beberapa para ahli dalam penentuan possibility, sehingga perlu digabungkan menjadi satu dengan rumus berikut :

$$M_i = \sum_{j=1}^m W_j A_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.7)$$

Keterangan :

$M_i$  = Gabungan dari *fuzzy number basic event*  $i$  yang berbentuk *possibility*

m = Jumlah dari *basic event*

n = Jumlah dari para ahli

Wj = Wj adalah faktor bobot dari ahli j

Aij = Variabel linguistik *basic event* i yang diberikan oleh ahli j

Menurut Lavasani *et al* (2012) jika seorang ahli dianggap “lebih baik” daripada yang lain, maka seorang ahli itu diberikan nilai bobot yang lebih besar. Bobot para ahli diperoleh dari rumus berikut ini :

$$\text{Bobot ahli} = PP + ET + EL + A \quad (2.8)$$

$$W_j = \frac{\text{bobot ahli}}{\sum_{i=1}^n \text{bobot ahli}} \quad (2.9)$$

Keterangan :

Wj = Wj adalah faktor bobot dari ahli j

PP = *Professional Position*

ET = *Experience Time*

EL = *Education Level*

A = *Age of Expert*

Untuk menentukan bobot ahli dapat merujuk kepada gambar 2.6 (Ramzali *et al*, 2015).

**Gambar 2.6** Bobot untuk ahli

(Sumber : Ramzali *et al*, 2015)

Constitution	Classification	Score	Constitution	Classification	Score	
Professional position	Senior academic	5	Education level	PhD	5	
	Junior academic	4		Master	4	
	Engineer	3		Bachelor	3	
	Technician	2		Higher National Diploma (HND)	2	
Experience time (year)	Worker	1		School level	1	
	≥30	5		Age (year)	≥50	4
	20-29	4		40-49	3	
	10-19	3		30-39	2	
	6-9	2		< 30	1	
	≤5	1				

Kemudian mengubah *fuzzy number* untuk kejadian kegagalan menjadi *fuzzy possibility score* (FPs) dengan menjumlahkan ketiga parameter *fuzzy number* dan kemudian dibagi tiga. Untuk tahap terakhir yaitu mengubah FPS ke *fuzzy probability score* (FPr) dengan menggunakan rumus berikut (Onisawa, 1988) :

$$FPr = \begin{cases} \frac{1}{10^K} & \text{if } FPs \neq 0 \\ 0 & \text{if } FPs = 0 \end{cases} \quad K = \left[ \left( \frac{1-FPs}{FPs} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2.301 \quad (2.10)$$

Keterangan :

FPr = *Fuzzy Probability Score*

FPs = *Fuzzy Posibilitas Score*

K = Bilangan Konstan

Dalam analisis *fuzzy event tree analysis, probability* dari *top event* dari *Fuzzy FTA* akan digunakan untuk menghitung *possibility* pada diagram *Fuzzy ETA*. Untuk mengubah *probability* ke *possibility* dengan menggunakan rumus berikut (Onisawa, 1988) :

$$E_p = f(E_r) = \begin{cases} 1/(1 + (k \times \log(1/E_r))^3), & E_r \neq 0, \\ 0, & E_r = 0. \end{cases} \quad (2.11)$$

Keterangan :

Er = *Fuzzy Probability Score*

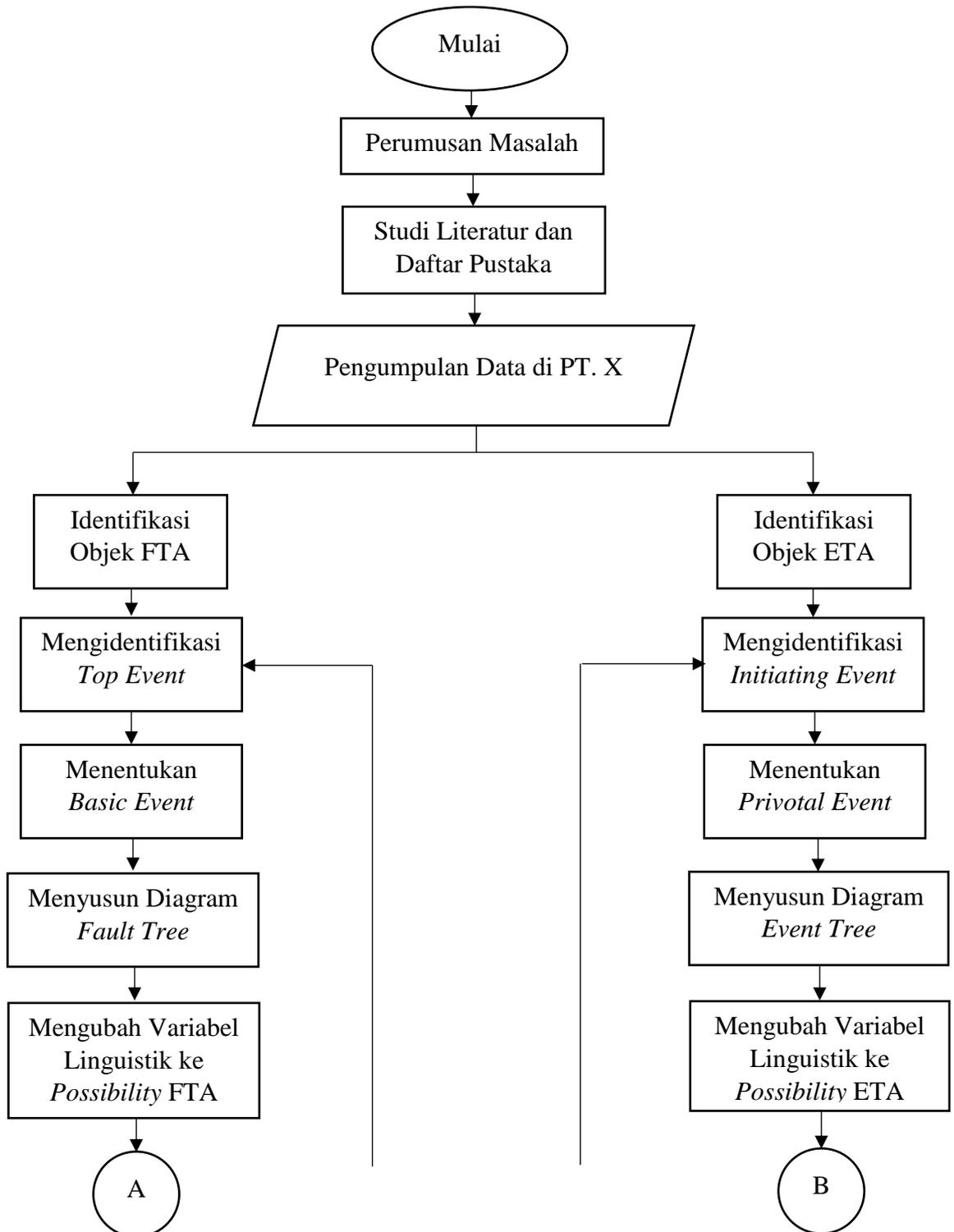
Ep = *Fuzzy Posibilitas Score*

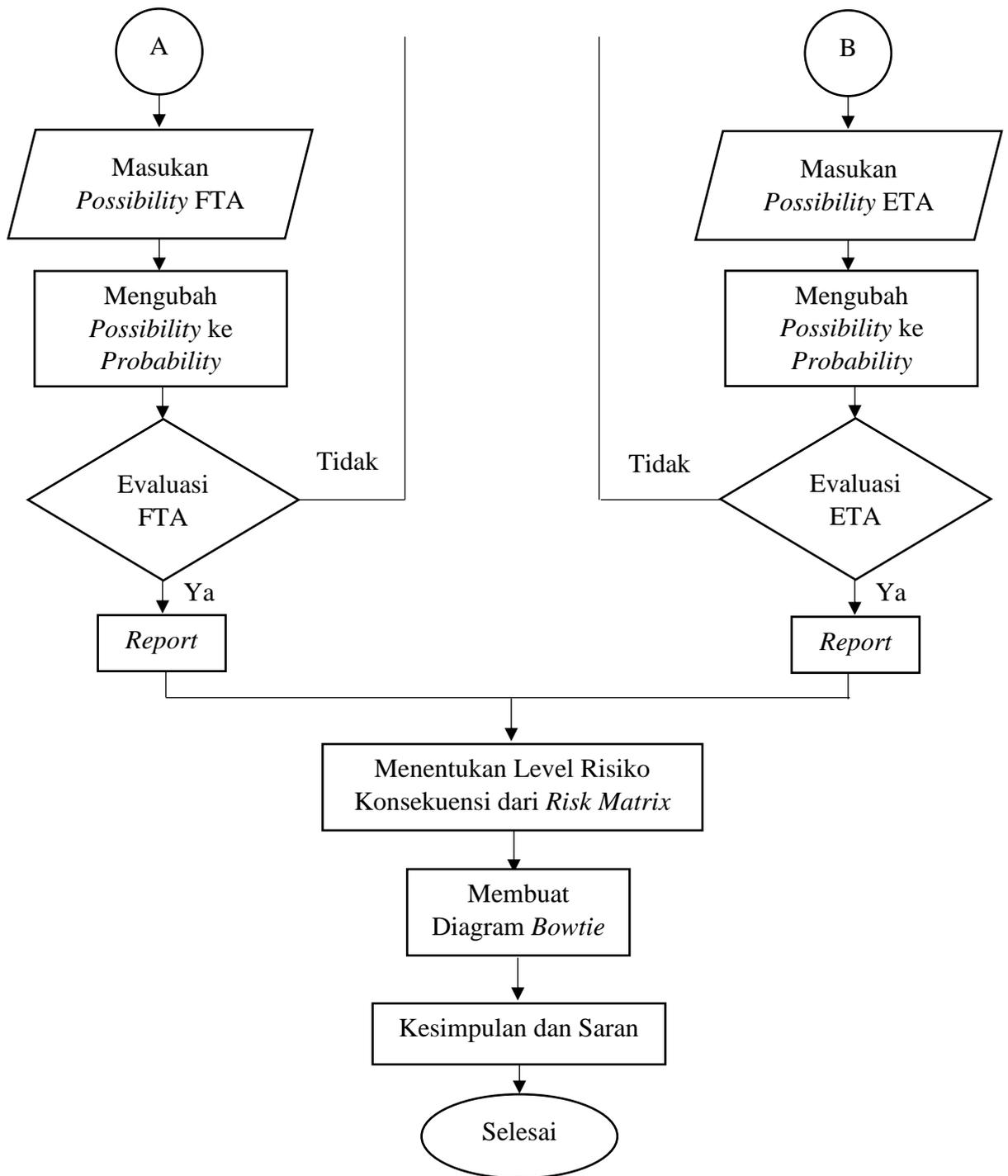
$$K = \frac{1}{\text{Log} (1/(5 \times 10^{-3}))}$$

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Berikut adalah diagram alir pengerjaan tugas akhir ini yang dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :





**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2 Prosedur Penelitian

Mengenai tahapan-tahapan pengerjaan penelitian pada tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alur pada gambar 3.1, untuk penjelasannya sebagai berikut :

#### 1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam melakukan sebuah penelitian langkah awal yang perlu dilakukan yaitu mengidentifikasi masalah yang ada dalam topik tugas akhir. Setelah permasalahan teridentifikasi selanjutnya ditentukan tujuan penelitian, sehingga pada penelitian tugas akhir ini menjadi terarah dan jelas.

#### 2. Studi Literatur dan Daftar Pustaka

Dilakukan studi literatur dan studi lapangan untuk objek penelitian serta mencari referensi penelitian yang dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai acuan untuk mengerjakan penelitian tugas akhir. Dalam penelitian ini, tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- a. Studi tentang proses perbaikan kapal penumpang.
- b. Studi tentang *project management* dan *risk assessment*.
- c. Studi tentang *Fault Tree Analysis*, *Event Tree Analysis*, *Fuzzy Logic*, dan *Bowtie Analysis*.

#### 3. Pengumpulan Data

Pada tahap ketiga ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan sebagai bahan untuk mendukung analisis yang dilakukan. Data yang akan diolah berkaitan dengan evaluasi kinerja proyek sebagai bahan analisis dan kondisi terkini dari perusahaan. Data yang diperlukan antara lain:

- a. Data *master schedule* perbaikan kapal penumpang.
- b. Data kontrak perbaikan kapal penumpang.
- c. Data *repair list* perbaikan kapal penumpang.
- d. Membuat kuisioner untuk mencari faktor dan *probability basic event* FTA, *pivotal event* ETA, penentuan *risk matrix*, *preventive* dan *mitigation* pada diagram *bowtie*.

#### 4. Analisis Data dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh, maka akan dilakukan analisis dan pembahasan, diantaranya:

- a. Menganalisis hasil wawancara untuk menemukan faktor-faktor apa saja yang menyebabkan keterlambatan pada proyek, konsekuensi yang timbul akibat keterlambatan proyek.
- b. Setelah menganalisis hasil wawancara akan didapatkan beberapa *basic event* penyebab keterlambatan dan variabel lingusitiknya, variabel ini akan diubah ke bentuk *fuzzy number* dan kemudian dikalikan dengan bobot dari masing-masing responden. Bobot didapatkan berdasarkan parameter yang ditunjukkan gambar 3.2 sehingga menghasilkan *possibility* untuk masing-masing *basic event*.

Constitution	Classification	Score	Constitution	Classification	Score
Professional position	Senior academic	5	Education level	PhD	5
	Junior academic	4		Master	4
	Engineer	3		Bachelor	3
	Technician	2		Higher	2
Experience time (year)	Worker	1	Age (year)	National Diploma (HND)	1
	≥30	5		School level	1
	20-29	4		≥50	4
	10-19	3		40-49	3
	6-9	2		30-39	2
	≤5	1		< 30	1

**Gambar 3.2** Bobot untuk pakar ahli

(Sumber : Ramzali *et al*, 2015)

Variabel linguistik dari masing-masing *basic event* ini disesuaikan dengan parameter yang terdapat pada skala *fuzzy number* kemungkinan kegagalan seperti tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Tabel skala *fuzzy likelihood of a failure*

(Sumber : Mokhtari *et al*, 2011 )

Variabel Linguistik	Definisi	Fungsi Keanggotaan
<i>Very High</i> (VH)	Terjadi setiap perbaikan kapal	(0.75, 1.00, 1.00)
<i>High</i> (H)	Terjadi dalam rentang 5 kali perbaikan kapal	(0.50, 0.75, 1.00)
<i>Medium</i> (M)	Terjadi dalam rentang 25 kali perbaikan kapal	(0.25, 0.50, 0.75)
<i>Low</i> (L)	Terjadi dalam rentang 75 kali perbaikan kapal	(0.00, 0.25, 0.50)
<i>Very Low</i> (VL)	Terjadi dalam rentang 100 kali perbaikan kapal	(0.00, 0.00, 0.25)

Setelah menemukan *possibility* dari masing-masing *basic event*, kemudian *possibility* diubah ke dalam *probability* dengan rumus yang dikembangkan oleh Onisawa (1988) sebagai berikut:

$$FPr = \begin{cases} \frac{1}{10^K} & \text{if } FPs \neq 0 \\ 0 & \text{if } FPs = 0 \end{cases} \quad K = \left[ \left( \frac{1-FPs}{FPs} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2.301 \quad (3.1)$$

Keterangan :

FPr = *Fuzzy Probability*

FPs = *Fuzzy Possibility*

K = Bilangan Konstan

Setelah mengetahui *probability* dari setiap *basic event*, kemudian membuat diagram FTA menggunakan *software Top Event FTA* sehingga nantinya hasil yang didapatkan berupa diagram FTA yang tersusun rapi dan juga *minimal cut set* untuk menentukan kombinasi penyebab faktor keterlambatan.

- c. Selanjutnya membuat diagram ETA, pada diagram ETA ini diperlukan adanya *initiating event*, *pivotal event*, *output event*,

dan *probability*. *Output event* harus ditentukan *Frequency Index* dari tabel 3.3 yang menghasilkan nilai FI dan *Severity index* pada tabel 3.4 untuk menentukan SI. Dalam hasil wawancara yang menggunakan skala *fuzzy number* pada tabel 3.2 dihasilkan *possibility* setiap *output event*. Kemudian *possibility* diubah menjadi *probability* menggunakan persamaan 3.1 sehingga dapat dicari nilai FI menggunakan tabel 3.3. Dengan mengkalikan FI dan SI maka dapat ditentukan level risiko dari masing *output event* yang berasal dari *risk matrix* tabel 3.5.

**Tabel 3.2** skala *fuzzy number* untuk *frequency*

(Sumber : Mokhtari *et al*, 2011 )

<b>Variabel Linguistik</b>	<b>Definisi</b>	<b>Fungsi Keanggotaan</b>
<i>Very High</i> (VH)	100 % Kemungkinan Berhasil	(0.75, 1.00, 1.00)
<i>High</i> (H)	80 % Kemungkinan Berhasil	(0.50, 0.75, 1.00)
<i>Medium</i> (M)	60 % Kemungkinan Berhasil	(0.25, 0.50, 0.75)
<i>Low</i> (L)	40 % Kemungkinan Berhasil	(0.00, 0.25, 0.50)
<i>Very Low</i> (VL)	20 % Kemungkinan Berhasil	(0.00, 0.00, 0.25)

**Tabel 3.3** *Frequency Index* untuk *risk matrix*

(Sumber : DNV – *Marine Risk Assesment*)

<b>FI</b>	<b><i>Frequency</i></b>	<b><i>Probability</i></b>
6	<i>Frequent</i>	0,1 -1
5	<i>Probable</i>	0,01 - 0,09
4	<i>Occasional</i>	0,001 - 0,009
3	<i>Remote</i>	0,0001 – 0,0009
2	<i>Improbable</i>	0,00001 - 0,00009
1	<i>Incredible Remote</i>	0,000001 - 0,000009

**Tabel 3.4** Skala *Severity Index* untuk *risk matrix*

(Sumber : *DNV – Marine Risk Assessment*, 2002)

<b>SI</b>	<b><i>Concequence Severity</i></b>	<b><i>Definition</i></b>
1	<i>Negligible</i>	Proyek perbaikan kapal tidak mengalami denda dan proyek mengalami keterlambatan kurang dari 1 hari
2	<i>Marginal</i>	Proyek perbaikan kapal terkena denda maksimal 3 Juta dan proyek terlambat 1 – 4 hari
3	<i>Critical</i>	Proyek perbaikan kapal terkena denda maksimal 10 Juta dan proyek terlambat 5 – 14 hari
4	<i>Catastrophic</i>	Proyek perbaikan kapal terkena denda lebih dari 10 Juta dan proyek terlambat lebih dari 14 hari

**Tabel 3.5 Risk Matrix**

(Sumber : *DNV – Marine Risk Assesment, 2002*)

FI	Rating	Severity Index (SI)			
		1	2	3	4
		<i>Negligible</i>	<i>Marginal</i>	<i>Critical</i>	<i>Catastrophic</i>
6	<i>Frequent</i>	6	12	18	24
5	<i>Probable</i>	5	10	15	20
4	<i>Occasional</i>	4	8	12	16
3	<i>Remote</i>	3	6	9	12
2	<i>Improbable</i>	2	4	6	8
1	<i>Incredible Remote</i>	1	2	3	4

Keterangan :

	<i>Low</i>
	<i>Moderate</i>
	<i>High</i>
	<i>Extreme</i>

Tabel 3.1 dan 3.2 sudah disesuaikan berdasarkan tabel skala *fuzzy* dalam penelitian yang dilakukan Mokhtari *et al* (2011) dan tabel 3.3, 3.4 dan 3.5 sudah disesuaikan berdasarkan *DNV – Marine Risk Assesment* (2002).

- d. Menggabungkan kedua hasil dari analisis FTA dan ETA menjadi diagram *bowtie* sehingga dapat ditentukan *preventive* dan *mitigation* dari keterlambatan proyek perbaikan kapal serta eskalator faktor yang menghambat upaya *preventive* dan *mitigation* tersebut.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan tahapan-tahapan penelitian kemudian disusunlah kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan juga memberi saran untuk evaluasi kinerja proyek selanjutnya dan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang memiliki topik yang sama.

## BAB IV

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengumpulan Data

Dalam tugas akhir ini, objek penelitian yang digunakan adalah proyek perbaikan kapal penumpang yang telah diperbaiki oleh PT. X. Dalam proyek perbaikan kapal penumpang ini memiliki kontrak yang berlangsung dari tanggal 1 Desember 2018 – 10 Desember 2018, namun dalam realisasinya kapal ini dikerjakan dari tanggal 1 Desember 2018 – 24 Desember 2018. Sehingga perbaikan kapal tersebut yang direncanakan selesai dalam 10 hari mengalami keterlambatan dan selesai dalam waktu 24 hari.

Kapal dalam proyek perbaikan memiliki rincian spesifikasi sebagai berikut :

- *Length Over All* = 80.20 m
- *Length between* = 72.00 m
- Perpendicular*
- *Breath* = 15.20 m
- *Height* = 5.10 m
- *Draft* = 3.60 m
- *Gross Tonnage* = 2940 ton
- Kecepatan Dinas = 15 knot
- *Classification* = BKI

Dalam tugas akhir ini membahas tentang penyebab dari keterlambatan tersebut menggunakan metode *Fault Tree Analysis* dan *Fuzzy Logic*, dan konsekuensi yang timbul akibat dari keterlambatan proyek menggunakan metode *Event Tree Analysis* dan *Fuzzy Logic*. Dan juga menentukan upaya preventif dan mitigasi untuk mencegah penyebab dan mengurangi konsekuensi dari keterlambatan proyek perbaikan menggunakan *Bowtie Analysis*. Pekerjaan yang diteliti meliputi keseluruhan dari perbaikan kapal penumpang. Berikut adalah data-data proyek yang diperoleh dari PT. X :

**Tabel 4.1** Rencana awal dan realisasi proyek perbaikan kapal

No	Kegiatan	Rencana (hari)	Realisasi (hari)	Terlambat (hari)
1	<i>Docking</i>	8	20	12
2	<i>General Service</i>	10	10	0
3	Pembersihan dan Pengecatan	7	7	0
4	Pekerjaan <i>Replating</i> di Bawah Garis Air	6	6	0
5	Pekerjaan Pelindung Material	1	1	0
6	Pekerjaan Katub-Katub	3	3	0
7	Pekerjaan Mesin <i>Maneuver</i> dan Kelengkapannya	3	19	16
8	Pekerjaan Poros dan Baling-Baling	3	18	15
9	Pekerjaan Rantai Jangkar	3	3	0
10	Pekerjaan Bak Rantai Jangkar	3	3	0
11	<i>Undocking</i>	1	1	0
12	<i>Delivery</i>	1	1	0

Tabel 4.1 menunjukkan perbandingan antara rencana dan realisasi dalam proyek perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran yang menunjukkan aktivitas mengalami keterlambatan yaitu pada kegiatan *docking*, pekerjaan mesin *maneuver* dan kelengkapannya, dan pekerjaan poros dan baling-baling. Kemudian dari aktifitas yang ditunjukkan pada tabel 4.1 proses perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran sangat jelas terlihat bagaimana keterlambatan proyek ini dari *docking*, pekerjaan mesin *maneuver* dan kelengkapannya, hingga pekerjaan poros dan baling-baling. Keterlambatan yang terjadi disini adalah keterlambatan yang saling berkaitan satu sama lainnya karena dari permasalahan pada satu aktifitas pekerjaan diatas maka akan mempengaruhi item pekerjaan yang lain.

#### **4.2 Pengelolaan dan Analisis Data**

Dalam penyusunan data untuk *Fuzzy Fault Tree Analysis* menggunakan bantuan *software TopEvent FTA express*. Dalam proses analisis penggunaannya data yang dimasukkan pada *software* ini adalah data *basic event* dan *probability* hasil dari wawancara dan kusioner dari responden, kemudian diproses dalam *software* ini dalam bentuk diagram FTA sehingga nantinya didapatkan hasil yang berupa diagram FTA yang telah tersusun dengan rapi dan juga *minimal cut set* masing – masing *probability basic event* dan juga *probability top event*. Selanjutnya untuk *Fuzzy Event Tree Analysis* tidak memerlukan *software* hanya membuat diagram berdasarkan data hasil wawancara dan kuisisioner dari responden untuk menyusun *initiating event*, *pivotal event*, dan *output event* yang berupa konsekuensi kemudian menentukan *probability index* serta *severitiy index* untuk digolongkan dalam *risk matrix* sehingga mendapatkan level risiko dari masing-masing konsekuensi.

#### **4.3 Pengelolaan Data Faktor Penyebab Keterlambatan Perbaikan Kapal Penumpang Menggunakan *Fault Tree Analysis* dan *Fuzzy Logic***

Metode *Fault Tree Analysis* adalah suatu metode yang digunakan untuk mencari akar penyebab dari suatu sistem kegagalan. Pada analisis dalam tugas akhir ini akan dijelaskan secara menyeluruh faktor apa saja yang menyebabkan keterlambatan perbaikan kapal penumpang meliputi proses perbaikan kapal terganggu dan manajemen proyek yang kurang baik. Semua proses tersebut akan dijelaskan dalam bentuk diagram pohon kesalahan FTA sehingga dapat diketahui penyebab dasar permasalahan dari keterlambatan proyek dan *probability* masing- masing dasar permasalahan tersebut.

Kemudian untuk mencari *probability* dari masing-masing dasar permasalahan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. *Fuzzy Logic* adalah metode yang digunakan untuk mengatasi ketidakjelasan dalam pengambilan keputusan yang berfungsi untuk mengubah variabel linguistik menjadi kumpulan angka sehingga didapatkan *possibility*. Dari *possibility* yang dihasilkan dari metode *Fuzzy Logic* akan diubah menjadi *probability*.

Pada analisis ini menggunakan metode *Fuzzy Logic* karena untuk mengatasi ketidakjelasan data dari responden. Dalam pengambilan keputusan terdapat keputusan yang ambigu dan tidak jelas sehingga diperlukan metode *Fuzzy Logic* untuk mengatasi ketidakjelasan data tersebut.

Analisis selanjutnya dari metode *fault tree* dengan mengevaluasi diagram FTA dengan menentukan *critical cut set* (CSc). *Cut Set* adalah kombinasi dari kumpulan kejadian kegagalan yang dapat terjadi sehingga menyebabkan *Top Event* atau puncak dari diagram FTA. Pengerjaan metode *Fault Tree Analysis* menggunakan *software TopEvent FTA*, *software* ini mampu membuat diagram *fault tree* dan menghitung *minimal cut set* dengan memasukkan *probability* masing-masing *basic event*.

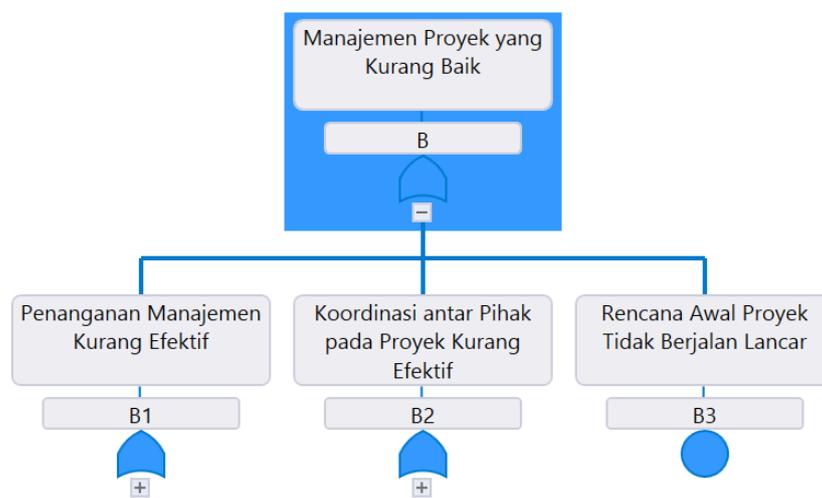
Berikut adalah diagram FTA yang telah dibuat berdasarkan wawancara dengan beberapa responden:



**Gambar 4.1** Diagram FTA Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal



**Gambar 4.2** Diagram FTA Proses Perbaikan Kapal Terganggu



**Gambar 4.3** Diagram FTA Proses Perbaikan Kapal Terganggu

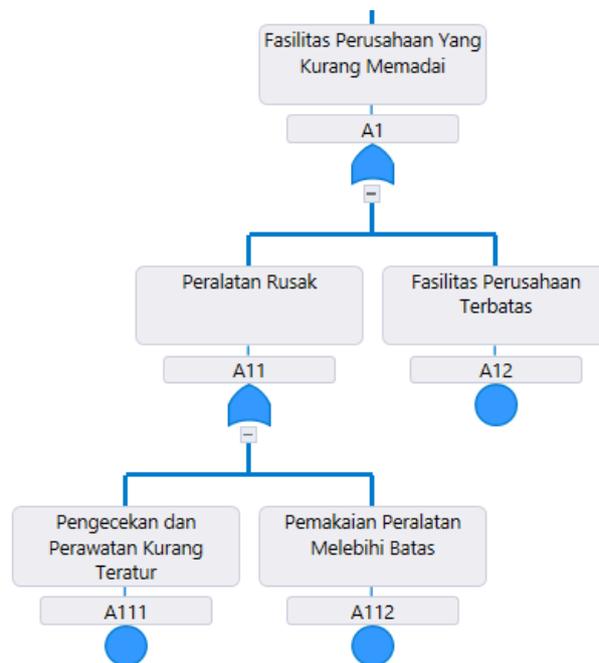
Melalui analisis dari dokumen proyek yang telah dikumpulkan dan wawancara kepada responden dibuatlah skema diagram *Fault Tree Analysis* dengan kejadian puncak (*top event*) yaitu perbaikan kapal penumpang terlambat. Pada gambar 4.1 perbaikan FTA dengan dua faktor *intermediate event* yaitu proses perbaikan kapal terganggu dan manajemen proyek yang kurang baik.

Gambar 4.2 dan gambar 4.3 menggambarkan *event* dari masing-masing *intermediate event*. Proses perbaikan kapal terganggu memiliki lima *event* yaitu fasilitas perusahaan yang kurang memadai, jam orang kurang memadai, lingkungan bekerja kurang baik, penerimaan hasil perbaikan bermasalah dan item pekerjaan terlambat. Manajemen proyek yang kurang baik memiliki tiga *event* yaitu penanganan manajemen kurang efektif, koordinasi antar pihak pada proyek kurang efektif, dan rencana awal proyek tidak berjalan lancar.

### 4.3.1 Proses Perbaikan Kapal Terganggu

Proses perbaikan kapal terganggu disebabkan oleh beberapa faktor yaitu fasilitas perusahaan yang kurang memadai, jam orang kurang memadai, lingkungan bekerja kurang baik, penerimaan hasil perbaikan bermasalah dan item pekerjaan terlambat. Beberapa faktor yang disebutkan didapatkan dari hasil wawancara dengan 3 bagian divisi yang berbeda yang mengerjakan proyek perbaikan kapal penumpang.

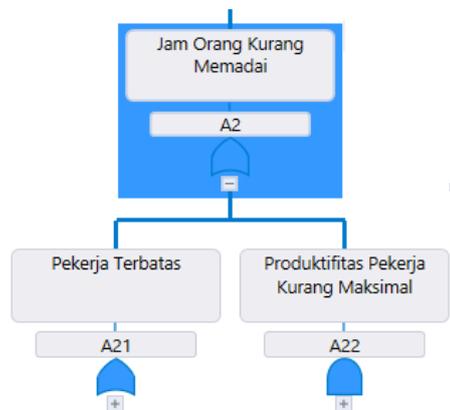
#### a. Fasilitas Perusahaan yang Kurang Memadai



**Gambar 4.4** Diagram FTA fasilitas perusahaan yang kurang memadai

Dari faktor penyebab fasilitas perusahaan yang kurang memadai disebabkan oleh peralatan rusak atau fasilitas perusahaan terbatas, peralatan rusak dikarenakan dua penyebab yaitu pengecekan atau perawatan kurang teratur dan pemakaian peralatan yang melebihi batas.

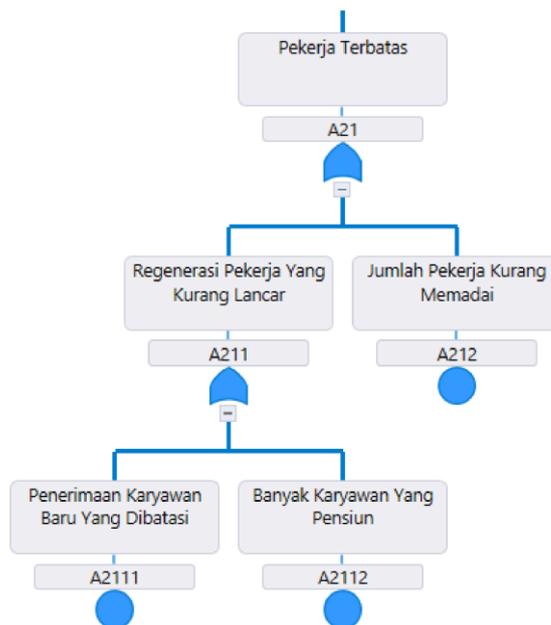
b. Jam Orang Kurang Memadai



**Gambar 4.5** Diagram FTA jam orang kurang memadai

Pada faktor jam orang kurang memadai disini disebabkan oleh pekerja terbatas atau produktifitas pekerja kurang maksimal. Dari dua faktor tersebut akan dijelaskan oleh diagram dibawah.

- Pekerja Terbatas

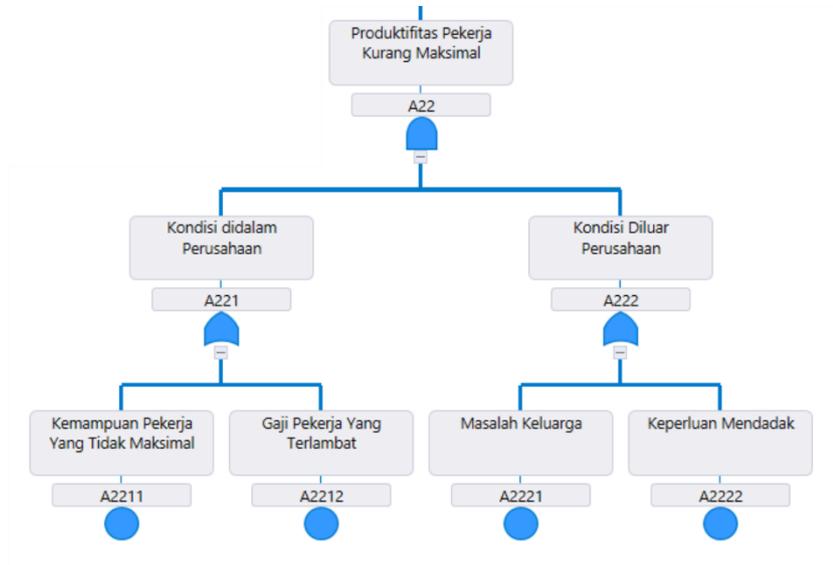


**Gambar 4.6** Diagram FTA pekerja terbatas

Penerimaan karyawan baru yang dibatasi atau banyaknya karyawan yang pensiun menjadi faktor yang membuat regenerasi pekerja yang kurang lancar. jumlah pekerja yang kurang memadai juga menjadi

faktor kenapa pekerja terbatas dikarenakan jika jumlah pekerja tidak memadai sehingga pekerja yang digunakan dalam proyek terbatas.

- Produktifitas Pekerja Kurang Maksimal



**Gambar 4.7** Diagram FTA produktifitas pekerja kurang memadai

Dalam faktor penyebab keterlambatan produktifitas pekerja yang kurang maksimal dipengaruhi oleh faktor internal perusahaan dan faktor eksternal perusahaan. Untuk faktor internal perusahaan dipengaruhi oleh kemampuan pekerja yang tidak maksimal atau gaji pekerja yang terlambat diberikan pada waktunya gajian. Untuk faktor eksternal perusahaan dipengaruhi oleh permasalahan keluarga pada setiap karyawan atau keperluan mendadak sehingga para karyawan diharuskan absen dari bekerja.

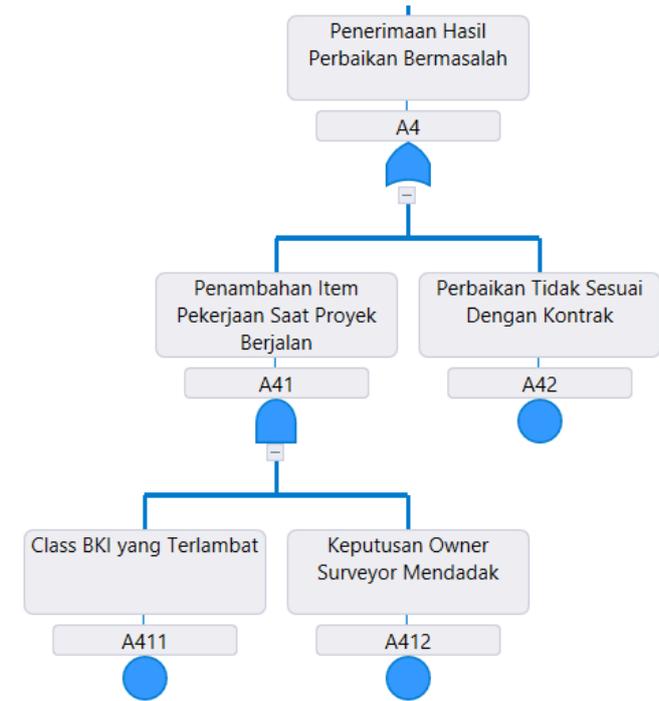
- Lingkungan Bekerja Kurang Baik



**Gambar 4.8** Diagram FTA lingkungan bekerja kurang baik

Faktor penyebab keterlambatan lingkungan bekerja yang kurang baik dipengaruhi oleh fasilitas safety perusahaan yang kurang memadai sehingga banyak kecelakaan kerja yang terjadi saat proyek berlangsung. Dan juga dipengaruhi oleh cuaca yang kurang mendukung sehingga menyebabkan pengerjaan proyek tertunda.

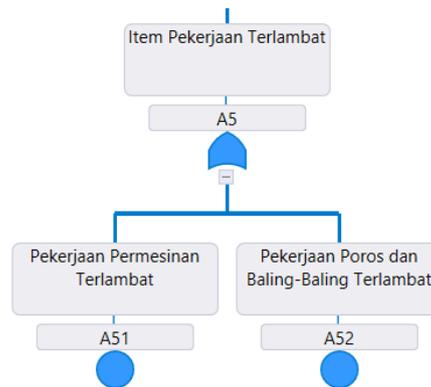
d. Penerimaan Hasil Perbaikan Bermasalah



**Gambar 4.9** Diagram FTA penerimaan hasil perbaikan bermasalah

Faktor penyebab keterlambatan penerimaan hasil perbaikan bermasalah disebabkan oleh perbaikan tidak sesuai dengan kontrak sehingga hasil dari proyek perbaikan tidak bisa diterima. Kemudian survey *class* BKI yang terlambat dari jadwal dan keputusan *owner surveyor* yang mendadak menyebabkan Penambahan Item pekerjaan saat proyek berjalan.

e. Item Pekerjaan Terlambat



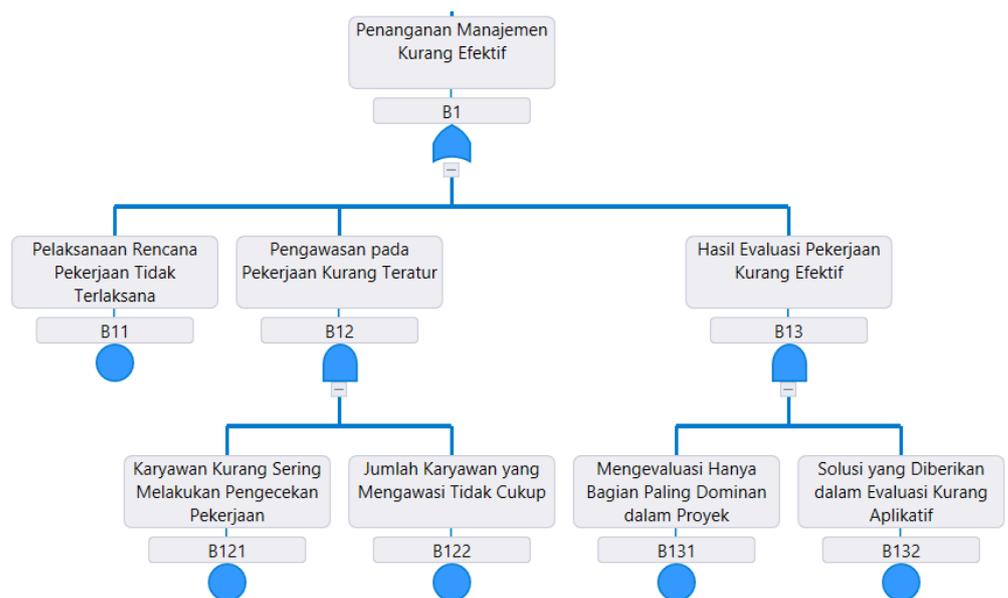
**Gambar 4.10** Diagram FTA item pekerjaan terlambat

Faktor penyebab keterlambatan proyek lain yaitu terdapat item pekerjaan proyek yang telambat, terdapat dua item pekerjaan yang terlambat yaitu pekerjaan permesinan dan kemudi atau pekerjaan permesinan dan baling-baling.

### 4.3.2 Manajemen Proyek yang Kurang Baik

Sistem manajemen ini dijelaskan oleh bagian rencana dan pengawasan. Pada bagian ini terbagi dari beberapa poin yaitu penanganan manajemen kurang efektif, koordinasi antar pihak pada proyek kurang efektif, dan rencana awal proyek tidak berjalan lancar.

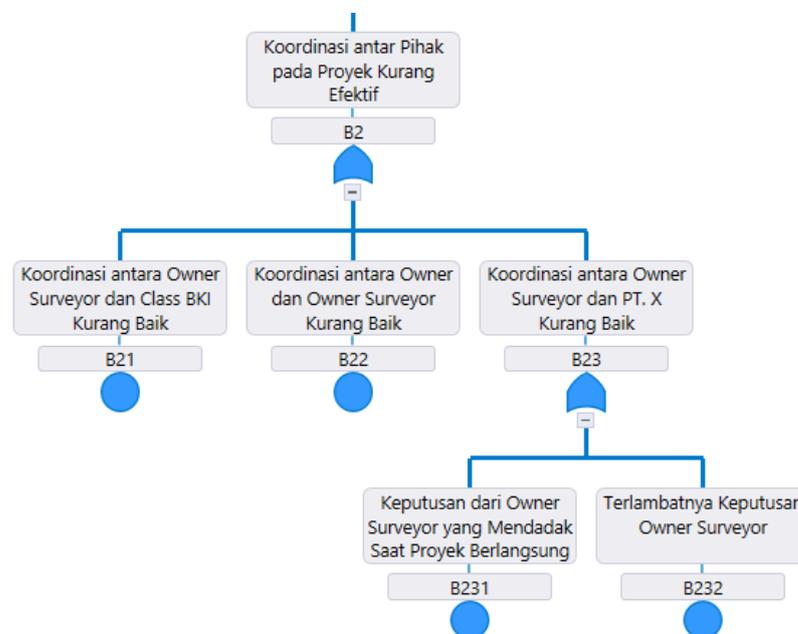
a. Penanganan Manajemen Kurang Efektif



**Gambar 4.11** Diagram FTA penanganan manajemen kurang efektif

Dari faktor keterlambatan pananganan manajemen yang kurang efektif disebabkan oleh pelaksanaan rencana pekerjaan tidak terlaksana, pengawasan pada pekerjaan kurang teratur atau hasil evaluasi pekerjaan kurang efektif. Untuk pengawasan pada pekerjaan kurang teratur di sebabkan oleh karyawan kurang sering melakukan pengecekan progres pekerjaan dan jumlah karyawan yang mengawasi tidak cukup. Sedangkan untuk hasil evaluasi pekerjaan yang kurang efektif disebabkan oleh hasil evaluasi hanya bagian permasalahan paling dominan dalam proyek dan solusi yang diberikan untuk menyelesaikan permasalahan yang sama untuk proyek selanjutnya kurang aplikatif.

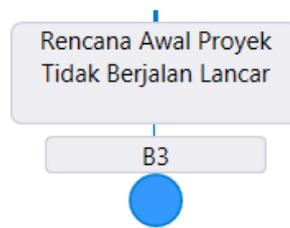
b. Koordinasi antar Pihak pada Proyek Kurang Efektif



**Gambar 4.12** Diagram FTA kordinasi antar pihak pada proyek kurang efektif

Faktor penyebab keterlambatan dari koordinasi antar pihak pada proyek kurang efektif disebabkan oleh koordinasi yang kurang baik antara *owner surveyor* dengan *class BKI*, antara *owner* dengan *owner surveyor*, atau antara *owner surveyor* dengan *PT. X*. Kemudian keputusan dari *owner surveyor* yang mendadak dan terlambatnya keputusan *owner surveyor* menyebabkan koordinasi *owner surveyor* dan *PT. X* kurang baik.

c. Rencana Awal Proyek Tidak Berjalan Lancar



**Gambar 4.13** Diagram FTA rencana awal proyek tidak berjalan lancar

Faktor penyebab keterlambatan rencana awal proyek yang tidak berjalan dengan lancar sangat berpengaruh karena rencana awal yang berjalan lancar mempengaruhi terlambat tidaknya suatu proyek.

Berikut merupakan daftar basic event dari skema fault tree pada gambar 4.1 hingga 4.13 yang ditunjukkan dalam tabel 4.2 :

**Tabel 4.2** Basic event dari diagram FTA

No.	Kode	Nama Kejadian
1	A111	Pengecekan dan perawatan peralatan kurang teratur
2	A112	Pemakaian peralatan melebihi batas
3	A12	Fasilitas perusahaan terbatas
4	A2111	Penerimaan karyawan baru yang dibatasi
5	A2112	Banyak karyawan yang pensiun
6	A212	Jumlah pekerja yang kurang memadai
7	A2211	Kemampuan pekerja yang tidak maksimal
8	A2212	Gaji pekerja yang terlambat
9	A2221	Masalah keluarga
10	A2222	Keperluan mendadak
11	A31	Fasilitas <i>safety</i> perusahaan kurang memadai
12	A32	Cuaca kurang mendukung
13	A411	<i>Class</i> BKI yang terlambat
14	A412	Permintaan <i>Owner Surveyor</i> Saat Perbaikan Berlangsung
15	A42	Perbaikan tidak sesuai kontrak
16	A51	Pekerjaan permesinan terlambat

(lanjutan) **Tabel 4.3** *Basic event* dari diagram FTA

No.	Kode	Nama Kejadian
17	A52	Pekerjaan poros dan baling-baling terlambat
18	B11	Pelaksanaan rencana pekerjaan tidak terlaksana
19	B121	Karyawan kurang sering melakukan pengecekan pekerjaan
20	B122	Jumlah karyawan yang mengawasi tidak cukup
21	B131	Mengevaluasi hanya bagian paling dominan dalam proyek
22	B132	Solusi yang diberikan dalam evaluasi kurang aplikatif
23	B21	Koordinasi antara <i>owner surveyor</i> dan <i>class</i> BKI kurang baik
24	B22	Koordinasi antara <i>owner</i> dan <i>owner surveyor</i> kurang baik
25	B231	Keputusan dari <i>owner surveyor</i> yang mendadak saat proyek berlangsung
26	B232	Terlambatnya keputusan <i>owner surveyor</i>
27	B3	Rencana awal proyek tidak berjalan lancar

Tabel 4.3 menunjukkan data diri responden dari wawancara yang telah dilakukan untuk penyusunan diagram FTA, ETA, dan *Bowtie* yang dapat dilihat selengkapnya di lampiran. Data responden ini adalah dipilih berdasarkan dengan permasalahan keterlambatan perbaikan kapal penumpang.

**Tabel 4.4** Data diri responden

Responden	Kategori			
	<i>Age</i>	<i>Experience</i>	<i>Position</i>	<i>Education</i>
1	29 Tahun	8 Tahun	Staff	D3
2	49 Tahun	25 Tahun	Supervisor	SLTA
3	52 Tahun	19 Tahun	Supervisor	S1
4	48 Tahun	18 Tahun	Supervisor	S1
5	47 Tahun	22 Tahun	Manajer	STM
6	50 Tahun	28 Tahun	Supervisor	D1

*Probability* dari masing-masing *Basic Event* pada keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang KMP. *Drajat Paciran* didapatkan dari proses pencarian data melalui wawancara responden. Untuk frekuensi kejadian *basic event Fuzzy FTA* merujuk pada skala parameter pada jurnal Mokhtari *et al* (2011) berikut :

**Tabel 4.5** Tabel skala *fuzzy likelihood of a failure*

(Sumber : Mokhtari et al, 2011 )

<b>Variabel Linguistik</b>	<b>Definisi</b>	<b>Fungsi Keanggotaan</b>
<i>Very High</i> (VH)	Terjadi setiap perbaikan kapal	(0.75, 1.00, 1.00)
<i>High</i> (H)	Terjadi dalam rentang 5 kali perbaikan kapal	(0.50, 0.75, 1.00)
<i>Medium</i> (M)	Terjadi dalam rentang 25 kali perbaikan kapal	(0.25, 0.50, 0.75)
<i>Low</i> (L)	Terjadi dalam rentang 75 kali perbaikan kapal	(0.00, 0.25, 0.50)
<i>Very Low</i> (VL)	Terjadi dalam rentang 100 kali perbaikan kapal	(0.00, 0.00, 0.25)

#### 4.3.3 Menghitung *Fuzzy Possibility* (FPs)

Untuk menghitung *possibility* dari masing-masing *basic event*, untuk tugas akhir ini menggunakan *Fuzzy Logic*. Dalam analisis menggunakan *Fuzzy Logic* menggunakan kumpulan angka yang digunakan untuk mewakili variabel linguistik dari responden atau para ahli yang menghasilkan *possibility* (FPs). Dalam tugas akhir ini menggunakan *fuzzy number triangular* dengan 3 *fuzzy number*.

Dari hasil wawancara dan menyebarkan kuisioner kepada para responden didapatkan rekapan data untuk skala variabel linguistik yang merujuk tabel 4.4. Hasil tersebut ditunjukkan oleh tabel 4.5 berikut.

**Tabel 4.6** Hasil Kuisisioner dari Responden

Kegiatan	Responden					
	1	2	3	4	5	6
Pengecekan dan perawatan peralatan kurang teratur	VH	M	M	VH	L	H
Pemakaian peralatan melebihi batas	M	L	L	H	L	M
Fasilitas perusahaan terbatas	M	M	VH	VH	VL	H
Penerimaan karyawan baru yang dibatasi	M	M	L	H	M	L
Banyak karyawan yang pensiun	H	H	H	H	VL	VH
Jumlah pekerja yang kurang memadai	H	H	VH	H	L	VH
Kemampuan pekerja yang tidak maksimal	M	L	M	H	L	L
Gaji pekerja yang terlambat	M	L	M	H	L	M
Masalah keluarga	L	L	L	VH	M	VL
Keperluan mendadak	M	L	M	H	H	L
Fasilitas safety perusahaan kurang memadai	H	M	H	VH	L	H
Cuaca kurang mendukung	M	L	M	H	M	M
Class BKI yang terlambat	M	M	VL	VH	H	M
Permintaan Owner Surveyor Saat Perbaikan Berlangsung	M	M	VH	H	VL	M
Perbaikan tidak sesuai kontrak	M	M	H	H	VL	L
Pekerjaan permesinan terlambat	M	H	M	VH	L	L
Pekerjaan poros dan baling-baling terlambat	M	H	VH	VH	L	L
Pelaksanaan rencana pekerjaan tidak terlaksana	M	L	H	H	M	M
Karyawan kurang sering melakukan pengecekan pekerjaan	H	L	VH	VH	H	L
Jumlah karyawan yang mengawasi tidak cukup	M	L	VH	VH	M	L
Mengevaluasi hanya bagian paling dominan dalam proyek	M	L	VH	VH	M	L
Solusi yang diberikan dalam evaluasi kurang aplikatif	M	M	M	H	H	L
Koordinasi antara <i>owner surveyor</i> dan <i>class BKI</i> kurang baik	L	H	H	VH	M	L

(lanjutan) **Tabel 4.7** Hasil Kuisisioner dari Responden

Kegiatan	Responden					
	1	2	3	4	5	6
Koordinasi antara <i>owner</i> dan <i>owner surveyor</i> kurang baik	L	M	H	VH	L	L
Keputusan dari <i>owner surveyor</i> yang mendadak saat proyek berlangsung	H	M	VH	VH	VL	H
Terlambatnya keputusan <i>owner surveyor</i>	H	H	VH	VH	VL	H
Rencana awal proyek tidak berjalan lancar	H	M	VH	VH	H	H

Dalam perhitungan untuk menentukan *possibility* dari masing-masing *basic event* langkah pertama yaitu menghitung pembobotan dari responden karena jika responden yang “lebih baik” dari pada responden yang lain maka responden tersebut mempunyai pembobotan yang lebih besar. Untuk menghitung pembobotan menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9 untuk menentukan pembobotan masing-masing responden, sedangkan *score* dari 4 kategori untuk responden berdasarkan gambar 2.6.

Perhitungan pembobotan responden untuk responden 1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Bobot ahli} &= PP + ET + EL + A \\
 &= 1 + 2 + 2 + 2 \\
 &= 7
 \end{aligned}$$

$$W_j = \frac{\text{bobot ahli}}{\sum_{i=1}^n \text{bobot ahli}}$$

$$W_j = \frac{7}{7 + 11 + 13 + 12 + 12 + 13}$$

$$W_j = \frac{7}{68}$$

$$W_j = 0,10$$

Dari perhitungan seperti diatas maka didapatkan bobot dari masing-masing responden yang hasil dari keseluruhan perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.8** Pembobotan Masing – Masing Responden

Responden	Faktor Bobot Ahli
1	0,10
2	0,16
3	0,19
4	0,18
5	0,18
6	0,19

Setelah mengetahui bobot dari masing-masing responden kemudian mencari *possibility* (FPs) dengan menggunakan persamaan 2.7 dan persamaan 2.4 – 2.6 untuk perhitungan dasar *fuzzy number*.

Perhitungan *possibility* untuk *Basic Event* kode A111 sebagai berikut :

Untuk *Basic Event* kode A111 dari hasil kuisisioner didapatkan sebagai berikut :

Responden					
1	2	3	4	5	6
VH	M	M	VH	L	H

Dari variabel linguistik diatas mewakili kumpulan *fuzzy number* sebagai berikut :

$$\text{Responden 1} = (0,75; 1; 1)$$

$$\text{Responden 2} = (0,25; 0,5; 0,75)$$

$$\text{Responden 3} = (0,25; 0,5; 0,75)$$

$$\text{Responden 4} = (0,75; 1; 1)$$

$$\text{Responden 5} = (0; 0,25; 0,5)$$

$$\text{Responden 6} = (0,5; 0,75; 1)$$

Kemudian menggunakan persamaan 2.7, dengan mangkalikan *fuzzy number* berikut dengan bobot masing-masing responden yang ditunjukkan tabel 4.6, untuk perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Responden 1} &= (0,75; 1; 1) \times 0,1 \\ &= (0,075; 0,1; 0,1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 2} &= (0,25; 0,5; 0,75) \times 0,16 \\ &= (0,04; 0,08; 0,12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 3} &= (0,25; 0,5; 0,75) \times 0,19 \\ &= (0,05; 0,1; 0,14) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 4} &= (0,75; 1; 1) \times 0,18 \\ &= (0,14; 0,18; 0,18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 5} &= (0; 0,25; 0,5) \times 0,18 \\ &= (0; 0,05; 0,09) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 6} &= (0,5; 0,75; 1) \times 0,19 \\ &= (0,1; 0,14; 0,19) \end{aligned}$$

Kemudian masing-masing *fuzzy number* berikut dijumlahkan untuk memperoleh satu *fuzzy number*. Untuk perhitungan sebagai berikut :

$$M = (0,075 + 0,04 + 0,05 + 0,14 + 0 + 0,1; 0,1 + 0,08 + 0,1 + 0,18 + 0,05 + 0,14; 0,1 + 0,12 + 0,14 + 0,18 + 0,09 + 0,19)$$

$$M = (0,39; 0,64; 0,82)$$

*Fuzzy number* gabungan kemudian dicari *possibility* dengan menjumlahkan ketiga angka kemudian dibagi dengan 3. Perhitungan sebagai berikut :

$$FPs = \frac{(0,39 + 0,64 + 0,82)}{3}$$

$$FPs = \frac{1,85}{3}$$

$$FPs = 0,62$$

Dari perhitungan seperti diatas maka didapatkan *possibility* untuk keseluruhan *basic event*. Dengan hasil dari keseluruhan perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4.9** Hasil Perhitungan *Fuzzy Possibility* (FPs)

No.	Kode	<i>Fuzzy Number</i>			FPs
		a	b	c	
1	A111	0,39	0,64	0,82	0,62
2	A112	0,16	0,41	0,66	0,41
3	A12	0,44	0,64	0,80	0,63
4	A2111	0,20	0,45	0,70	0,45
5	A2112	0,46	0,67	0,87	0,66
6	A212	0,51	0,76	0,91	0,73
7	A2211	0,21	0,46	0,66	0,44

(lanjutan) **Tabel 4.10** Hasil Perhitungan *Fuzzy Possibility* (FPs)

No.	Kode	<i>Fuzzy Number</i>			FPs
		A	b	c	
8	A2212	0,25	0,50	0,71	0,49
9	A2221	0,13	0,33	0,58	0,35
10	A2222	0,25	0,50	0,75	0,50
11	A31	0,46	0,71	0,91	0,69
12	A32	0,25	0,50	0,75	0,50
13	A411	0,38	0,58	0,78	0,58
14	A412	0,39	0,59	0,79	0,59
15	A42	0,29	0,50	0,75	0,51
16	A51	0,29	0,54	0,74	0,52
17	A52	0,38	0,63	0,79	0,60
18	B11	0,30	0,55	0,80	0,55
19	B121	0,42	0,67	0,82	0,63
20	B122	0,35	0,60	0,75	0,56
21	B131	0,35	0,60	0,75	0,56
22	B132	0,29	0,54	0,79	0,54
23	B21	0,35	0,60	0,81	0,59
24	B22	0,27	0,52	0,72	0,50
25	B231	0,46	0,67	0,83	0,65
26	B232	0,50	0,71	0,87	0,69
27	B3	0,55	0,80	0,96	0,77

#### 4.3.4 Mengubah *Fuzzy Possibility* (FPs) menjadi *Fuzzy Probability* (FPr)

Setelah menemukan FPs masing – masing *basic event* dari Diagram *Fuzzy* FTA kemudian diubah menjadi *probability* (FPr). Untuk mengubah *possibility* (FPs) ke *probability* (FPr) menggunakan persamaan 2.10.

Dalam perhitungan *probability* untuk *Basic Event* kode A111 sebagai berikut :

Dari perhitungan sebelumnya *Basic Event* kode A111 memiliki *possibility* 0,62. Langkah pertama mencari nilai K, berikut perhitungannya :

$$K = \left[ \left( \frac{1-FPS}{FPS} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = \left[ \left( \frac{1-0,62}{0,62} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = \left[ \left( \frac{0,38}{0,62} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = [(0,61)]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = 0,848 \times 2,301$$

$$K = 1,95$$

Langkah berikutnya mencari *probability* (FPr), berikut adalah perhitungannya :

$$FPr = \frac{1}{10^k}$$

$$FPr = \frac{1}{10^{1,95}}$$

$$FPr = \frac{1}{89,12}$$

$$FPr = 0,011110126$$

Dari perhitungan seperti diatas maka didapatkan *probability* untuk keseluruhan *basic event*. Dengan hasil dari keseluruhan perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.8 berikut.

**Tabel 4.11** Hasil Perhitungan *Fuzzy Probability* (FPr)  
(6 Responden)

No.	Kode	FPs	K	FPr
1	A111	0,61	1,95	0,0111110126
2	A112	0,41	2,59	0,002561555
3	A12	0,63	1,93	0,011641894
4	A2111	0,45	2,47	0,003427222
5	A2112	0,66	1,83	0,014688609
6	A212	0,73	1,66	0,021663262
7	A2211	0,44	2,49	0,003238584
8	A2212	0,49	2,34	0,004622811
9	A2221	0,35	2,83	0,001491727
10	A2222	0,50	2,30	0,005000345
11	A31	0,69	1,76	0,017414074
12	A32	0,50	2,29	0,005131591
13	A411	0,58	2,07	0,008497214
14	A412	0,59	2,04	0,009200656
15	A42	0,51	2,27	0,005402516
16	A51	0,52	2,23	0,005830873
17	A52	0,60	2,01	0,009878226
18	B11	0,55	2,15	0,007114414
19	B121	0,63	1,91	0,012197709
20	B122	0,56	2,11	0,007778987
21	B131	0,56	2,11	0,007778987
22	B132	0,54	2,18	0,00660762
23	B21	0,59	2,04	0,009055927
24	B22	0,50	2,29	0,005131591
25	B231	0,65	1,86	0,013701123
26	B232	0,69	1,75	0,017686234
27	B3	0,77	1,54	0,029125572

#### 4.3.5 Menentukan *Top Event Probability*

Setelah selesai penggambaran diagram *Fuzzy FTA*, langkah selanjutnya adalah menentukan *cut set*. *Cut set* merupakan kombinasi kegagalan kejadian dasar atau kombinasi pembentuk pohon kesalahan yang bila semua terjadi akan menyebabkan peristiwa puncak terjadi, sedangkan *minimal cut set* adalah kombinasi terkecil dari kegagalan kejadian dasar atau kombinasi peristiwa yang paling kecil yang membawa peristiwa yang tidak diinginkan.

Untuk dapat menentukan dan menghitung *cut set*, diperlukan data *probability* dari masing-masing *basic event*. Sehingga perlu mengubah *Fuzzy possibility* menjadi *Fuzzy probability* dari masing – masing *basic event* kemudian menggunakan *software Top Event FTA* untuk menghitung *minimal cut set* sehingga mendapatkan *probability Top Event* dari diagram *Fuzzy FTA* keterlambatan perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran. Kemudian dari perhitungan dari *software Top Event FTA* menghasilkan *Top Event probability* dan *Intermediate Event probability* yang ditunjukkan oleh gambar 4.14.



**Gambar 4.14** Hasil *minimal cut set* dari diagram *Fuzzy FTA*

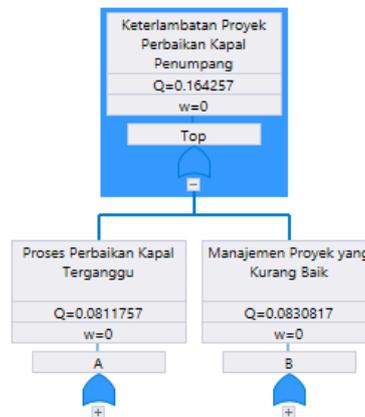
Dari gambar 4.14 diatas dapat diketahui masing-masing *minimal cut set* dari *fuzzy fault tree analysis* (FFTA). Untuk *minimal cut set* pada proses perbaikan kapal terganggu memiliki *probability* sebesar 0,1088. Kemudian untuk *minimal cut set* pada manajemen proyek yang kurang baik memiliki *probability* sebesar 0,1162. Jadi jumlah total *probability minimal cut set* untuk *top event* adalah 0,2250.

Dikarenakan saat pengambilan data dengan kuisisioner terdapat data yang *outliar* atau aneh maka dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan 5 responden saja dengan menghapus data dari responden 4. Sehingga diperlukan perhitungan ulang untuk membandingkan hasil akhir dari data yang menggunakan 6 responden dengan data yang menggunakan 5 responden. Jika selisih dari kedua hasil tersebut cukup besar maka diharuskan menghapus data yang *outliar* atau aneh tersebut. Untuk perhitungan ulang hasilnya ditunjukkan tabel 4.9 berikut.

**Tabel 4.12** Hasil Perhitungan *Fuzzy Probability* (FPr)  
(5 Responden)

No.	Kode	FPs	K	FPr
1	A111	0,55	2,14	0,007189
2	A112	0,34	2,89	0,0013
3	A12	0,56	2,12	0,007635
4	A2111	0,39	2,68	0,002067
5	A2112	0,64	1,90	0,012678
6	A212	0,72	1,69	0,020474
7	A2211	0,34	2,87	0,00136
8	A2212	0,40	2,65	0,002235
9	A2221	0,27	3,22	0,000609
10	A2222	0,45	2,46	0,003466
11	A31	0,64	1,90	0,012678
12	A32	0,45	2,46	0,003466
13	A411	0,51	2,28	0,005218
14	A412	0,56	2,13	0,007409
15	A42	0,46	2,42	0,003841
16	A51	0,44	2,49	0,003232
17	A52	0,54	2,18	0,006561
18	B11	0,51	2,27	0,00533
19	B121	0,58	2,07	0,008601
20	B122	0,49	2,32	0,00479
21	B131	0,49	2,32	0,00479
22	B132	0,50	2,30	0,005
23	B21	0,52	2,23	0,005858
24	B22	0,42	2,57	0,002699
25	B231	0,59	2,03	0,009396
26	B232	0,64	1,89	0,012924
27	B3	0,74	1,63	0,023693

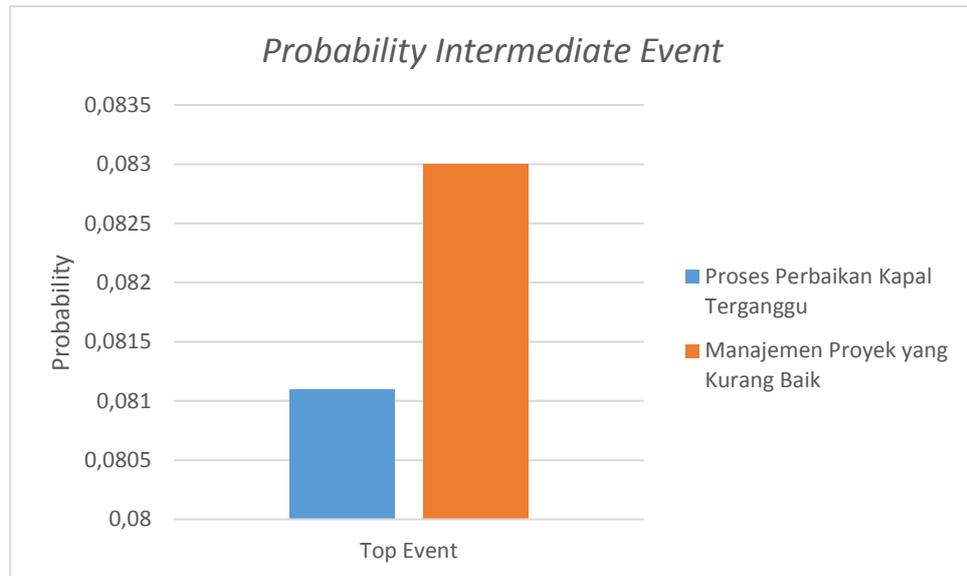
Kemudian hasil perhitungan diatas dimasukan ke dalam *software Top Event FTA* untuk menemukan *minimal cut set* dari *Top Event* dan *Intermediate Event*, hasil dari *software* tersebut ditunjukkan gambar 4.15 berikut.



**Gambar 4.15** Hasil *minimal cut set* dari diagram *Fuzzy FTA*  
(5 responden)

Dari gambar 4.15 diatas dapat diketahui masing-masing *minimal cut set* dari *fuzzy fault tree analysis* (FFTA). Untuk *minimal cut set* pada proses perbaikan kapal terganggu memiliki *probability* sebesar 0,0812. Kemudian untuk *minimal cut set* pada manajemen proyek yang kurang baik memiliki *probability* sebesar 0,0830. Jadi jumlah total *probability minimal cut set* untuk top event adalah 0,1642.

Dari kedua perhitungan diatas mempunyai selisih *probability* sebesar 0,0608 maka data yang dianggap *outlier* atau aneh tersebut dihilangkan sehingga hasil yang digunakan menggunakan perhitungan data 5 responden.



**Gambar 4.16** Grafik Perbandingan *Probability*

“Manajemen Proyek yang Kurang Baik” memiliki *probability* lebih tinggi dibanding dengan “Proses Perbaikan Kapal Terganggu”, karena dalam pelaksanaan proyek tersebut dalam penanganan manajemen proyek perbaikan kapal penumpang kurang maksimal dikarenakan oleh beberapa faktor seperti penanganan manajemen kurang efektif, koordinasi antar pihak pada proyek kurang efektif, dan rencana awal proyek yang tidak berjalan dengan lancar. Permasalahan di pelaksanaan proyek perbaikan ini yang utama terletak pada koordinasi antar pihak terkait seperti dari pihak *owner survoyor*, *class* BKI, dan PT. X dikarenakan terlambatnya *survey* dari pihak BKI dan terdapat penambahan pekerjaan menyebabkan keterlambatan pada proyek tersebut terjadi.

#### 4.4 Pengolahan Data Faktor Akibat Keterlambatan Proyek Perbaikan

##### Kapal Menggunakan ETA dan *Fuzzy Logic*

Diagram *Event Tree Analysis* (ETA) adalah suatu metode analisis untuk mencari akibat dari gagalnya suatu sistem dalam hal ini adalah keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran. Disini akan dijelaskan secara menyeluruh mengenai akibat gagalnya suatu sistem proses perbaikan kapal mulai dari akibat kegagalan dari *pivotal event* yang tidak

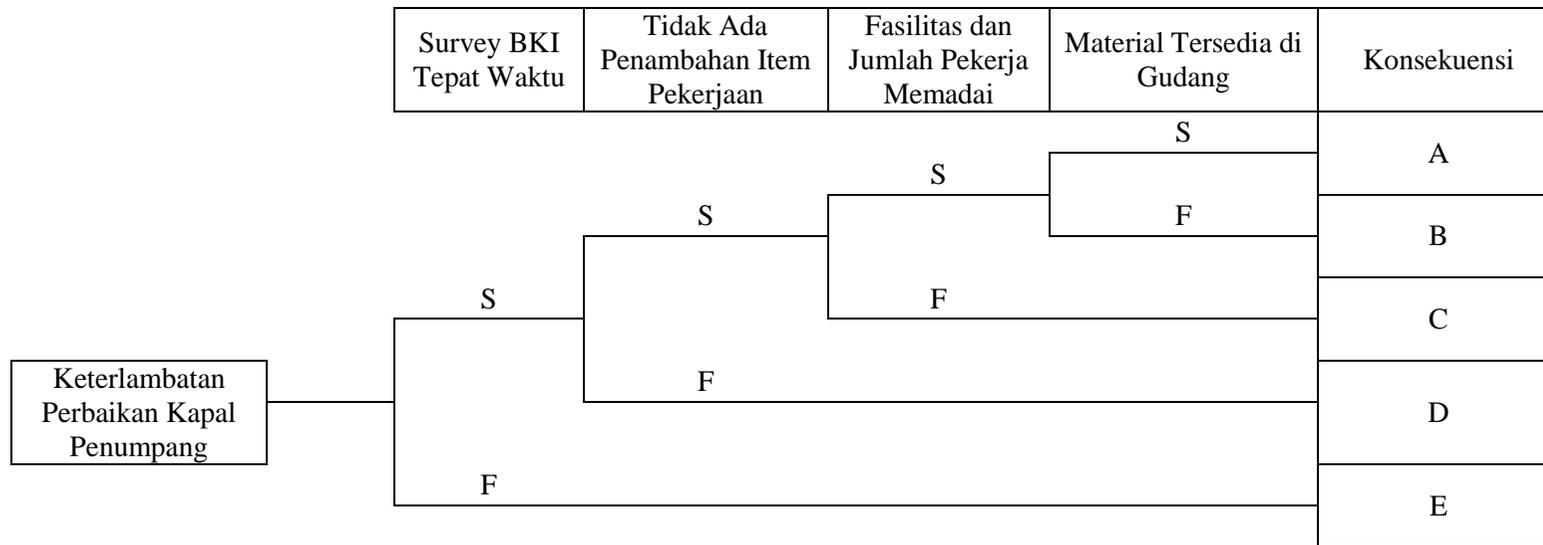
berjalan maksimal, hingga *output* yang dihasilkan dari gagalnya suatu *pivotal event*. Semua proses tersebut akan dijabarkan dalam bentuk diagram ETA sehingga nantinya dapat diketahui akibat permasalahan, *probability*, dan *risk matrix*.

Kemudian untuk mencari *probability* dari masing-masing dasar permasalahan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Fuzzy Logic adalah metode yang digunakan untuk mengatasi ketidakjelasan dalam pengambilan keputusan yang berfungsi untuk mengubah variabel linguistik menjadi kumpulan angka sehingga didapatkan *possibility*. Dari *possibility* yang dihasilkan dari metode *Fuzzy Logic* akan diubah menjadi *probability*.

Pada analisis ini menggunakan metode *Fuzzy Logic* karena untuk mengatasi ketidakjelasan data dari responden. Dalam pengambilan keputusan terdapat keputusan yang ambigu dan tidak jelas sehingga diperlukan metode *Fuzzy Logic* untuk mengatasi ketidakjelasan data tersebut.

Pada gambar 4.17 dibawah ini dijabarkan mengenai akibat dari keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang dimana terbagi menjadi 4 *pivotal event* yaitu *survey class* BKI yang tepat waktu, tidak ada penambahan pekerjaan, fasilitas dan jumlah pekerja memadai, dan material tersedia di gudang. Dari *pivotal event* tersebut akan terbagi menjadi 5 *output* yang akan dilengkapi dengan waktu keterlambatan dan denda akibat keterlambatan.

Dari diagram ETA ini akan dijelaskan secara menyeluruh pembahasannya pada poin pembahasan ETA yaitu *output* A sampai E dengan jelas.



**Gambar 4.17** Diagram ETA akibat dari proyek perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran terlambat

Keterangan gambar 4.17 diagram ETA (*Event Tree Analysis*) :

a. *Initiating Event*

*Initiating Event* adalah kejadian awal dalam skenario kegagalan pada ETA dimana pada kasus yang diteliti ini adalah keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang. Dengan hasil *probability* dari *Fuzzy FTA* sebesar 0,1642. Karena dalam analisis *event tree* menggunakan *possibility* maka untuk *probability Initiating Event* diubah menjadi *possibility* dengan menggunakan persamaan 2.11.

Perhitungannya sebagai berikut :

Pertama mencari K terlebih dahulu dengan perhitungan berikut.

$$K = \frac{1}{\log\left(\frac{1}{5 \times 10^{-3}}\right)}$$

$$K = 0,4345$$

Kemudian menghitung *possibility* sebagai berikut.

$$Ep = \frac{1}{1 + (k \times \log\left(\frac{1}{Er}\right))^3}$$

$$Ep = \frac{1}{1 + (0,4345 \times \log\left(\frac{1}{0,1642}\right))^3}$$

$$Ep = \frac{1}{1 + (0,4345 \times 0,7844)^3}$$

$$Ep = \frac{1}{1 + (0,4345 \times 0,7844)^3}$$

$$Ep = \frac{1}{1 + (0,3409)^3}$$

$$Ep = \frac{1}{1,0396}$$

$$Ep = 0,96$$

Jadi untuk *possibility* dari *Initiating Event* adalah 0,96.

b. *Pivotal Event*

Pada *pivotal event* terdapat 4 faktor yang merupakan kejadian gagal maupun sukses dari metode keselamatan yang ditetapkan untuk mencegah *Initiating Event* agar tidak mengakibatkan sebuah kecelakaan. Diantaranya adalah :

1. *Survey* BKI yang tepat waktu

*Survey* BKI yang tepat waktu merupakan kegiatan yang paling penting untuk proyek perbaikan kapal penumpang dan diposisikan pada posisi pertama karena jika *survey* BKI yang tidak tepat waktu atau lewat dari batas waktu yang ditentukan untuk melakukan *survey class* maka akan berdampak pada pekerjaan yang lainnya jika terdapat penambahan pekerjaan disaat proyek berjalan. Diestimasikan keterlambatan pada bagian ini berkisar antara 12 – 14 hari.

2. Tidak Ada Penambahan Pekerjaan

Poin kedua yang vital dalam sebuah proyek perbaikan kapal penumpang adalah penambahan pekerjaan yang tiba – tiba saat proyek berlangsung sehingga penjadwalan awal yang sudah berjalan dengan item pekerjaan yang sudah dikerjakan. Penambahan item pekerjaan tiba-tiba akan menyebabkan proyek terlambat, penambahan pekerjaan otomatis membuat jadwal pengerjaan proyek semakin lama. Diestimasikan keterlambatan pada bagian ini berkisar antara 9 – 11 hari.

3. Fasilitas dan Jumlah Pekerja yang Memadai

Fasilitas perusahaan dan jumlah pekerja yang memadai sangat berpengaruh dalam sebuah proses perbaikan kapal karena jika fasilitas yang digunakan mengalami kerusakan dan tidak sesuai standar maka suatu pekerjaan dalam proyek perbaikan akan tidak berjalan dengan lancar. Dan juga jumlah pekerja yang memadai juga sangat berpengaruh dalam sebuah proses perbaikan kapal karena kurangnya SDM yang mengerjakan proyek tersebut berakibatnya lambatnya progres dari proyek perbaikan kapal tersebut sehingga menyebabkan keterlambatan. Diestimasikan keterlambatan pada bagian ini berkisar antara 5 – 8 hari.

4. Material Tersedia di Gudang

Material yang tidak tersedia di gudang saat pengerjaan proyek perbaikan kapal berpengaruh pada terlambat atau tidaknya proyek sebab material yang tidak siap saat proyek diperlukan pemesanan material tersebut yang memerlukan waktu, sehingga proyek mengalami keterlambatan. Diestimasikan keterlambatan pada bagian ini berkisar antara 2 – 4 hari.

Dari hasil wawancara dan menyebarkan kuisioner kepada para responden didapatkan rekapan data untuk skala variabel linguistik yang merujuk tabel 4.4. Hasil tersebut ditunjukkan oleh tabel 4.10 berikut.

**Tabel 4.13** Hasil Kusioner dari Responden (FETA)

<i>Privotal Event</i>	1	2	3	5	6
<i>Survey</i> BKI tepat waktu	M	VH	M	VH	H
Tidak ada penambahan pekerjaan	M	H	H	VH	VH
Fasilitas dan jumlah pekerja memadai	H	VH	H	H	H
Material tersedia di gudang	H	H	VH	VH	M

Karena dalam tugas akhir ini menggunakan *fuzzy logic*, untuk *privotal event* memiliki *possibility* (FPs) masing-masing. Untuk menentukan *possibility* dari masing-masing *privotal event* langkah pertama yaitu menghitung pembobotan dari responden karena jika responden yang “lebih baik” dari pada responden yang lain maka responden tersebut mempunyai pembobotan yang lebih besar. Karena data responden yang digunakan menggunakan responden yang sama maka pembobotan dari analisis *Fuzzy* FTA dapat digunakan juga untuk analisis *Fuzzy* ETA. Untuk hasil dari pembobotan dapat ditunjukkan pada tabel 4.6.

Setelah mengetahui bobot dari masing-masing responden kemudian mencari *possibility* (FPs) dengan menggunakan persamaan 2.7 dan persamaan 2.4 – 2.6 untuk perhitungan dasar *fuzzy number*.

Perhitungan *possibility* untuk *Privotal Event* survey BKI tepat waktu :  
 Untuk *Privotal Event* survey BKI tepat waktu dari hasil kuisisioner  
 didapatkan sebagai berikut :

Responden				
1	2	3	5	6
M	VH	M	VH	H

Dari variabel linguistik diatas mewakili kumpulan *fuzzy number* sebagai berikut :

$$\text{Responden 1} = (0,25; 0,5; 0,75)$$

$$\text{Responden 2} = (0,75; 1; 1)$$

$$\text{Responden 3} = (0,25; 0,5; 0,75)$$

$$\text{Responden 5} = (0,75; 1; 1)$$

$$\text{Responden 6} = (0,5; 0,75; 1)$$

Kemudian menggunakan persamaan 2.7, dengan mangkalikan *fuzzy number* berikut dengan bobot masing-masing responden yang ditunjukkan tabel 4.6, untuk perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Responden 1} &= (0,25; 0,5; 0,75) \times 0,1 \\ &= (0,025; 0,05; 0,075) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 2} &= (0,75; 1; 1) \times 0,16 \\ &= (0,12; 0,16; 0,16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 3} &= (0,25; 0,5; 0,75) \times 0,19 \\ &= (0,05; 0,1; 0,14) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 5} &= (0,75; 1; 1) \times 0,18 \\ &= (0,14; 0,18; 0,18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Responden 6} &= (0,5; 0,75; 1) \times 0,19 \\ &= (0,1; 0,14; 0,19) \end{aligned}$$

Kemudian masing-masing *fuzzy number* berikut dijumlahkan untuk memperoleh satu *fuzzy number*. Untuk perhitunga sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M &= (0,025 + 0,12 + 0,05 + 0,14 + 0,1; 0,05 + 0,16 + 0,1 + 0,18 + 0,14; \\ &\quad 0,075 + 0,16 + 0,14 + 0,18 + 0,19) \end{aligned}$$

$$M = (0,51; 0,76; 0,91)$$

*Fuzzy number* gabungan kemudian dicari *possibility* dengan menjumlahkan ketiga angka kemudian dibagi dengan 3. Perhitungan sebagai berikut :

$$FPs = \frac{(0,51 + 0,76 + 0,91)}{3}$$

$$FPs = \frac{2,18}{3}$$

$$FPs = 0,73$$

Dari perhitungan seperti diatas maka didapatkan *possibility* untuk keseluruhan *privotal event*. Dengan hasil dari keseluruhan perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.11 berikut.

**Tabel 4.14** Hasil Perhitungan *Fuzzy Possibility* (FPs)

<i>Privotal Event</i>	<i>Fuzzy Number</i>			FPs
	A	b	c	
Survey BKI tepat waktu	0,51	0,76	0,91	0,73
Tidak ada penambahan pekerjaan	0,58	0,83	0,97	0,79
Fasilitas dan jumlah pekerja memadai	0,55	0,80	1,00	0,78
Material tersedia di gudang	0,56	0,81	0,95	0,77

c. *Output Event*

*Output event* pada ETA ini memiliki konsekuensi dimana masing – masing *output event* memiliki *probability*, dari perhitungan sebelumnya sudah ditemukan *possibility* masing *privotal event* kemudian dari masing-masing jalur *output event* akan dihasilkan *possibility* akhir dengan mengkalikan *possibility* dari masing-masing *privotal event*. Kemudian dari *possibility* masing-masing *output event* diubah ke *probability*. Keterangan mengenai masing masing *output* diantaranya :

1. A : Kapal selesai diperbaiki dan tidak mengalami keterlambatan sama sekali, rencana penjadwalan awal berjalan dengan lancar.

Output A terjadi dengan *possibility* (FPs) :

$$0,96 \times 0,73 \times 0,79 \times 0,78 \times 0,77 = 0,3331$$

2. B : Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 1 hari – 4 hari diakibatkan tidak adanya material di gudang selama proses perbaikan dikenai denda perhari akibat keterlambatan yaitu 0,1% dari total nilai kontrak Rp 714.000.000 ,-. Jadi denda sebesar Rp 714.000,- sampai Rp 2.856.000 ,-.  
Output B terjadi dengan *possibility* (FPs) :

Output B terjadi dengan *possibility* (FPs) :

$$0,96 \times 0,73 \times 0,79 \times 0,78 \times 0,23 = 0,0995$$

3. C : Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 5 hari – 8 hari diakibatkan fasilitas perusahaan dan jumlah pekerja yang tidak memadai selama proses perbaikan dikenai denda perhari akibat keterlambatan yaitu 0,1% dari total nilai kontrak Rp 714.000.000 ,-. Jadi denda sebesar Rp 3.570.000,- sampai Rp 5.712.000 ,-.  
Output C terjadi dengan *possibility* (FPs) :

Output C terjadi dengan *possibility* (FPs) :

$$0,96 \times 0,73 \times 0,79 \times 0,22 = 0,1220$$

4. D : Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 9 hari – 11 hari diakibatkan adanya penambahan item pekerjaan dari owner surveyor selama proses perbaikan dikenai denda perhari akibat keterlambatan yaitu 0,1% dari total nilai kontrak Rp 714.000.000 ,-. Jadi denda sebesar Rp 6.426.000,- sampai Rp 7.854.000 ,-.  
Output D terjadi dengan *possibility* (FPs) :

Output D terjadi dengan *possibility* (FPs) :

$$0,96 \times 0,73 \times 0,21 = 0,1474$$

5. E : Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 12 hari – 14 hari diakibatkan survey BKI yang tidak tepat waktu selama proses perbaikan dikenai denda perhari akibat keterlambatan yaitu 0,1% dari total nilai kontrak Rp 714.000.000 ,-. Jadi denda sebesar Rp 8.568.000,- sampai Rp 9.996.000 ,-.  
Output E terjadi dengan *possibility* (FPs) :

Output E terjadi dengan *possibility* (FPs) :

$$0,96 \times 0,26 = 0,2597$$

Kemudian setelah mengetahui *possibility* (FPs) dari masing-masing *output event* kemudian diubah ke *probability* (FPr) untuk mencari level risiko setiap *output event* dari *risk matrix*.

Perhitungan *probability* untuk *Output Event A* sebagai berikut :

Dari perhitungan sebelumnya *Output Event A* memiliki *possibility* 0,3331.

Langkah pertama mencari nilai K, berikut perhitungannya.

$$K = \left[ \left( \frac{1-FPs}{FPr} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = \left[ \left( \frac{1-0,3331}{0,3331} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = \left[ \left( \frac{0,6669}{0,3331} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = \left[ (2,002) \right]^{\frac{1}{3}} \times 2,301$$

$$K = 1,26 \times 2,301$$

$$K = 2,89$$

Langkah berikutnya mencari *probability* (FPr), berikut adalah perhitungannya.

$$FPr = \frac{1}{10^k}$$

$$FPr = \frac{1}{10^{2,89}}$$

$$FPr = \frac{1}{776,24}$$

$$FPr = 0,001259$$

Dari perhitungan seperti diatas maka didapatkan *probability* dari keseluruhan *output event*. Dengan hasil dari keseluruhan perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.12 berikut.

**Tabel 4.15** Hasil Perhitungan *Fuzzy Probability* (FPr)

<i>Output Event</i>	FPs	K	FPr
A	0,333164	2,899814	0,0012595
B	0,099517	4,794868	1,604E-05
C	0,122038	4,44198	3,614E-05
D	0,147457	4,129844	7,416E-05
E	0,259709	3,262535	0,0005463

d. Konsekuensi ETA pada *risk matrix*

*Probability* dari hasil ETA kemudian akan digunakan ke dalam penentuan kategori konsekuensi dalam *risk matrix* sesuai dengan standar acuan *DNV - Marine Risk Assessment* (2002). Langkah pertama adalah penentuan dari *Frequency Index* (FI) dan *Severity Index* (SI) dari *output* yang dihasilkan pada *Fuzzy Event Tree Analysis* (FETA). Kemudian menghitung *Risk Index* (RI) untuk digolongkan ke dalam *risk matrix*.

**Tabel 4.16** *Frequency Index* (FI) untuk *risk matrix*  
(Sumber : *DNV -Marine Risk Assessment, 2002*)

FI	<i>Frequency</i>	<i>Probability</i>
6	<i>Frequent</i>	0,1 -1
5	<i>Probable</i>	0,01 - 0,09
4	<i>Occasional</i>	0,001 - 0,009
3	<i>Remote</i>	0,0001 - 0,0009
2	<i>Improbable</i>	0,00001 - 0,00009
1	<i>Incredible Remote</i>	0,000001 - 0,000009

Tabel 4.13 adalah tabel yang menjelaskan penggolongan data kuantitatif dan kualitatif dari *Fuzzy* ETA ke dalam FI dimana *rating* permasalahan terjadi menjelaskan tentang skala *probability* dari *output event* atau konsekuensi pada proyek perbaikan kapal penumpang.

**Tabel 4.17** *Severity Index (SI) untuk risk matrix*  
 (Sumber : DNV -Marine Risk Assessment, 2002)

<b>SI</b>	<b>Severity</b>	<b>Definition</b>
1	<i>Negligible</i>	Proyek perbaikan kapal tidak mengalami denda dan proyek mengalami keterlambatan kurang dari 1 hari
2	<i>Marginal</i>	Proyek perbaikan kapal terkena denda maksimal 3 Juta dan proyek terlambat 1 – 4 hari
3	<i>Critical</i>	Proyek perbaikan kapal terkena denda maksimal 10 Juta dan proyek terlambat 5 – 14 hari
4	<i>Catastrophic</i>	Proyek perbaikan kapal terkena denda lebih dari 10 Juta dan proyek terlambat lebih dari 14 hari

Tabel 4.15 adalah tabel yang menjelaskan penggolongan data kuantitatif dan kualitatif dari *Fuzzy* ETA ke dalam SI dimana *rating* permasalahan terjadi menjelaskan tentang penggolongan konsekuensi permasalahan pada proyek perbaikan kapal penumpang. Penggolongan data ini juga meminta persetujuan dari responden *Fuzzy* ETA dengan metode wawancara. Hasil dari wawancara responden terhadap konsekuensi dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini :

**Tabel 4.18** Hasil Wawancara dan Kuisisioner dari Responden

No.	Output	Frequency Index (FI)		Severity Index (SI)	
		Kuantitatif	Kualitatif	Kuantitatif	Kualitatif
1	Output A	0,0012595	<i>Occasional</i>	sukses	<i>Negligible</i>
2	Output B	1,604E-05	<i>Improbable</i>	1-4 hari	<i>Marginal</i>
3	Output C	3,614E-05	<i>Improbable</i>	5-8 hari	<i>Critical</i>
4	Output D	7,416E-05	<i>Improbable</i>	9-11 hari	<i>Critical</i>
5	Output E	0,0005463	<i>Remote</i>	12-14 hari	<i>Critical</i>

**Tabel 4.19** Risk Matrix

FI	Rating	Severity Index (SI)			
		1	2	3	4
		<i>Negligible</i>	<i>Marginal</i>	<i>Critical</i>	<i>Catastrophic</i>
6	<i>Frequent</i>	6	12	18	24
5	<i>Probable</i>	5	10	15	20
4	<i>Occasional</i>	4	8	12	16
3	<i>Remote</i>	3	6	9	12
2	<i>Improbable</i>	2	4	6	8
1	<i>Incredible Remote</i>	1	2	3	4

Keterangan :

	<i>Low</i>
	<i>Moderate</i>
	<i>High</i>
	<i>Extreme</i>

Dari tabel 4.15 dapat dilakukan penggolongan terhadap hasil Fuzzy ETA ke dalam *risk matrix* dengan rumus *risk index* (RI) seperti di bawah ini :

$$RI = FI \times SI$$

Keterangan :

RI : *Risk Index*

FI : *Frequency Index*

SI : *Severity Index*

Hasil dari perhitungan ini akan ditunjukkan pada tabel 4.17 yang menjelaskan tentang penggolongan *output* ke dalam *Risk Index* (RI).

**Tabel 4.20** Hasil risiko keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang

No.	Output	Frequency Index (FI)	Severity Index (SI)	Risk Index (RI)
1	Output A	4	Occasional	1
2	Output B	2	Improbable	2
3	Output C	2	Improbable	3
4	Output D	2	Improbable	3
5	Output E	3	Remote	3

Dari tabel 4.15 dapat ditunjukkan sebagai contoh bahwa output A hingga B berada pada *risk index* (RI) *low* ini berarti level tingkat risikonya berada pada risiko rendah dengan *frekuensi index* berada pada *Occasional* artinya tingkat frekuensi kejadian kadang-kadang terjadi dengan *severity index* *Negligible* artinya tingkat bahaya rendah atau dapat diabaikan. Penjelasan mengenai *output* yang lain bisa dilihat pada tabel 4.17. Jika dimasukkan dalam *risk matrix* menjadi seperti pada tabel 4.18 dibawah ini :

**Tabel 4.21** Risk Matrix

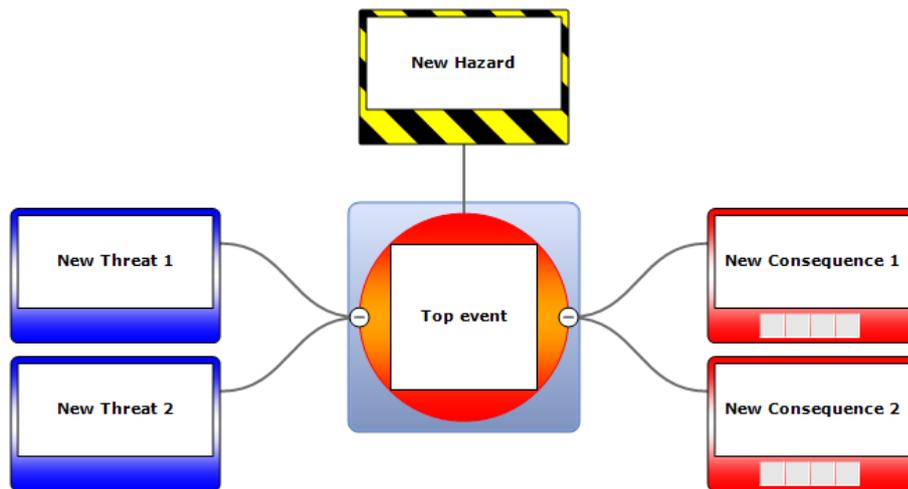
FI	Rating	Severity Index (SI)			
		1	2	3	4
		<i>Negligible</i>	<i>Marginal</i>	<i>Critical</i>	<i>Catastrophic</i>
6	<i>Frequent</i>	6	12	18	24
5	<i>Probable</i>	5	10	15	20
4	<i>Occasional</i>	4	8	12	16
3	<i>Remote</i>	3	6	9	12
2	<i>Improbable</i>	2	4	6	8
1	<i>Incredible Remote</i>	1	2	3	4

Keterangan :

	<i>Low</i>
	<i>Moderate</i>
	<i>High</i>
	<i>Extreme</i>

#### 4.5 Pengolahan Data Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal Penumpang dengan Metode *Bowtie Analysis*

Metode ini adalah menggabungkan antara metode FTA dan ETA menjadi suatu diagram yang saling melengkapi antara sebab dan akibat dalam suatu kegagalan sistem. Metode ini berguna juga dalam pembuatan *barrier* atau pelindung kegagalan sistem dalam hal ini terbagi menjadi 2 pencegahan sebab keterlambatan (*prevention*) dan peringanan dampak keterlambatan (*mitigation*).



**Gambar 4.18** Diagram *Bowtie*

Langkah pertama adalah menentukan *top event*, kemudian menyusun *threat* dan *consequence* yang akan dimasukkan ke dalam diagram *bowtie*. Untuk sebelah kiri diagram berupa *threat* yang dapat diambil pada *basic event* dari FTA dan untuk sebelah kanan diagram berupa *consequence* yang dapat diambil dari *output event* dari ETA. Setelah itu membuat *barrier* dari hasil wawancara yang telah dilakukan maupun dari hasil evaluasi proyek perbaikan kapal sebagai langkah pencegahan *threat* dan peringanan dampak *consequence*. Setelah itu menentukan adakah faktor yang menyebabkan *barrier* tersebut tidak bisa dilakukan dalam *escalation factor*.



Penjelasan mengenai *threat* yang terdapat dalam diagram *bowtie* terdapat pada tabel 4.19 dimana seperti contoh jam kerja orang kurang diakibatkan banyak pekerja yang pensiun *barrier* untuk solusi *threat* tersebut yaitu segera melakukan perekrutan pekerja secara efektif dan sesuai kebutuhan namun solusi ini mendapatkan penghalang yaitu beban biaya *overhead* perusahaan menjadi tinggi. Untuk penjelasan mengenai *threat* yang lain dapat dilihat di tabel 4.19 di bawah ini :

**Tabel 4.22** Daftar *threat* pada diagram *bowtie*

No.	<i>Threat</i>	<i>Barrier</i>	<i>Escalation Factor</i>
1	Banyak Pekerja yang Pensiun	Segera melakukan perekrutan pekerja secara efektif dan sesuai kebutuhan	Beban biaya <i>overhead</i> perusahaan menjadi tinggi
2	Jumlah Pekerja Kurang Memadai	Penambahan subkontraktor yang berpengalaman	Pembiayaan kurang tepat waktu
3	Fasilitas <i>Safety</i> Perusahaan Kurang Memadai	Diperlukan pengadaan fasilitas <i>safety</i>	Terkendala Biaya
		Diperlukan pengecekan dan perawatan terhadap fasilitas <i>safety</i>	Terkendala Biaya
		Memakai fasilitas <i>safety</i> sesuai standar	Kesadaran Pekerja Masih Kurang
4	Karyawan Kurang Sering Melakukan Pengecekan Pekerjaan	Pendisiplinan pekerja dengan pengawasan kerja yang rutin dilakukan	Tidak Ada
		Memberikan gaji bonus terhadap pekerja teladan	Tidak Ada

(lanjutan) **Tabel 4.23** Daftar *threat* pada diagram *bowtie*

No.	<i>Threat</i>	<i>Barrier</i>	<i>Escalation Factor</i>
5	Koordinasi antara Owner Surveyor dan PT. X Kurang Baik	Meningkatkan komunikasi terhadap <i>owner surveyor</i>	Tidak Ada
		Segera dilakukan rapat evaluasi antara <i>owner surveyor</i> dan PT. X setiap proyek berjalan	Tidak Ada
6	Rencana Awal Proyek Tidak Berjalan Lancar	Meningkatkan pengawasan terhadap item pekerjaan	Tidak Ada
		Memantau progres penyelesaian proyek	Tidak Ada
		Memastikan kepastian item pekerjaan	Tidak Ada

Penjelasan mengenai *consequence* yang terdapat dalam diagram *bowtie* terdapat pada tabel 4.20 dimana seperti contoh kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 1 hari – 4 hari diakibatkan tidak adanya material di gudang selama proses perbaikan sehingga dilakukan *barrier* pemakaian material yang lain untuk perbaikan yang tersedia di gudang, mencari supplier terpercaya namun solusi yang pertama mendapat penghalang yaitu material yang digunakan sebagai alternatif tidak sesuai standar dari *owner surveyor*.

Diharapkan adanya kerjasama dan komunikasi yang lebih baik kedepannya baik dari para pekerja PT.X dan *owner surveyor* supaya dalam pelaksanaan proyek perbaikan kapal selanjutnya bisa berjalan dengan baik dan lancar. Untuk penjelasan mengenai *consequence* yang lain dapat dilihat di tabel 4.20 di bawah ini :

**Tabel 4.24** Daftar *consequence* pada diagram *bowtie*

No.	<i>Consequence</i>	<i>Barrier</i>	<i>Escalation Factor</i>
1	Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 1 hari – 4 hari diakibatkan tidak adanya material di gudang selama proses perbaikan	Pemakaian material yang lain untuk perbaikan yang tersedia di gudang	Material yang digunakan sebagai alternatif tidak sesuai standar dari owner surveyor
		Mencari supplier terpercaya	Tidak Ada
2	Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 5 hari – 8 hari diakibatkan fasilitas perusahaan dan jumlah pekerja yang tidak memadai selama proses perbaikan.	Melakukan pergantian fasilitas perusahaan yang sudah tidak bisa di pakai secepatnya	Terkendala Biaya
		Melakukan Perawatan dan pengecekan secara rutin terhadap fasilitas perusahaan	Terkendala Biaya
		Memakai subkontraktor yang berpengalaman dan bersertifikat	Pembiayaan Kurang Tepat Waktu
		Perekrutan karyawan segera dilakukan	Beban biaya <i>overhead</i> perusahaan menjadi tinggi
3	Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 9 hari – 11 hari diakibatkan adanya penambahan item pekerjaan dari owner surveyor selama proses perbaikan.	Membatasi penambahan item pekerjaan	Tidak Ada
		Memundurkan atau memperpanjang batas atau deadline proyek perbaikan	Tidak Ada
		Penambahan jam kerja orang	Tidak Ada

(lanjutan) **Tabel 4.25** Daftar *consequence* pada diagram *bowtie*

No.	<i>Consequence</i>	<i>Barrier</i>	<i>Escalation Factor</i>
4	Kapal selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan antara 12 hari – 14 hari diakibatkan survey BKI yang tidak tepat waktu selama proses perbaikan.	Memastikan kepastian kedatangan survey class BKI	Tidak Ada
		Meningkatkan koordinasi dan komunikasi terhadap pihak class BKI dan owner surveyor	Tidak Ada

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya adalah:

1. Penyebab dan Konsekuensi dari Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal Penumpang dijelaskan sebagai berikut :
  - a. Faktor utama penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang adalah Proses Perbaikan Kapal Terganggu dengan *probability* 0,0812 dan Manajemen Proyek yang Kurang Baik dengan *probability* 0,0830. *Probability* dari keseluruhan keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang adalah 0,1642.
  - b. Konsekuensi dari keterlambatan proyek perbaikan kapal penumpang adalah kapal penumpang selesai diperbaiki namun mengalami keterlambatan berkisar antara 1 hari – 14 hari diakibatkan berbagai macam faktor dan dikenai denda perharinya yaitu 0,1 % dari total nilai kontrak Rp 714.000.000,-. Jadi denda berkisar antara Rp 1.428.000,- hingga Rp 9.996.000,-.
2. Dari 5 konsekuensi yang muncul dari *Fuzzy Event Tree Analysis* mempunyai level risiko sebagai berikut :
  - a. *Output Event A* memiliki level risiko *Low*
  - b. *Output Event B* memiliki level risiko *Low*
  - c. *Output Event C* memiliki level risiko *Moderate*
  - d. *Output Event D* memiliki level risiko *Moderate*
  - e. *Output Event E* memiliki level risiko *Moderate*
3. Bentuk tindakan preventif dan mitigasi dengan bantuan *barrier* dari hasil *bowtie analysis* telah dijabarkan dan dapat dilihat pada gambar 4.19.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan bagi penelitian tugas akhir ini, yaitu berkaitan dengan faktor penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal kargo adalah:

1. Keseluruhan data yang diambil dalam penelitian ini didapat hanya dari wawancara pekerja PT. X dan data dari dokumen tentang proyek tersebut untuk studi kasus pada 1 perusahaan saja. Untuk itu diharapkan dalam penelitian berikutnya bisa dibandingkan studi kasus yang mirip dengan perusahaan yang lain.
2. Kebermanfaatan dari penelitian ini, akan lebih baik dilakukan validasi lebih lanjut ke *owner surveyor* agar lebih terpercaya hasil solusi yang ditawarkan pada *barrier preventive* dan *barrier mitigation* pada diagram *bowtie analysis* sehingga manfaat dari penelitian ini bisa diterapkan dalam perbaikan kapal penumpang kedepannya.
3. Penelitian ini hanya menggunakan 5 responden saja, untuk penelitian selanjutnya yang menggunakan topik yang sama diharapkan menggunakan data responden yang lebih banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- ABS. 2000. *Risk Assesment Application For The Marine And Offshore Oil And Gas Industri*. Huston TX. USA.
- Alifen, R., Setiawan, R., and Sunarto, A. 2000. *Analisis “What If” Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek*. Dimensi Teknik Sipil. Vol. 2 No. 1.
- Aqlan, F., and Ali, E. 2014. *Integrating lean principles and fuzzy bow-tie analysis for risk assessment in chemical industry*. Jurnal internasional : [www.elsevier.com/locate/jlp](http://www.elsevier.com/locate/jlp).
- Baddredine, A. and Amor, N. Ben, 2013. *A Bayesian approach to construct bow tie diagrams for risk evaluation*. Process Safety and Enviromental Protection. Vol. 91, 159–171.
- Biro Klasifikasi Indonesia. *Rule For Classification and Surveys*. Vol. 1. PT. Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta: 2016.
- Cheong, C.W., and Lan, A.L.H. 2004. *Web access failure analysis fuzzy reliability approach*. International Journal of the Computer. the Internet and Management 12 (1) 65–73.
- Clemen, R.T., Winkler, R.L. 1999. *Combing probability distribution from experts in risk analysis*. Risk Analysis. Vol 19, 187–203.
- DNV. 2002. *Marine Risk Assessment*. London Technical Consultancy . United Kingdom.
- Ericson, A. Clifton. 2005. *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. New Jersey.
- Ertugrul, D., Karakasoglu, N. 2007. *Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods*. Expert Systems with Applications. Vol. 36, 702–715.
- Ferdous, R., Khan, F., Sadiqb, R., Amyotte, P., and Veitcha, Brian. 2013. *Analyzing system safety and risks under uncertainty using a bow-tie diagram: An innovative approach*. Jurnal internasional : [www.elsevier.com/locate/psep](http://www.elsevier.com/locate/psep).
- Foster, T. 2004. *Managing Quality: An Integrated Approach*. Pearson Prentice Hall. USA.

- Heizer, J., and Render, B. 2015. *Operations Management*. ed.11.
- Hill, A. 2018. *Risk Management Handbook*. The University of Adelaide. Australia.
- Iskandar. 2010. *Study Model Perawatan dan Perbaikan Kapal Berbasis Ketersediaan Anggaran*. Tesis. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Keller, J.M., and Tahani, H. 1992. *Implementation on conjunctive and disjunctive fuzzy logic rules with neural networks*. International Journal of Approximate Reasoning 6, 221–240.
- Kusumadewi, S. dan Guswaludin, I. 2005. *Fuzzy Multi Criteria Decision Making*. Media Informatika. Vol 3:25-38.
- Lavasani, S.M.M., Wang, J., Yang, Z., and Finlay, J. 2012. *Application of MADM in a fuzzy environment for selecting the best barrier for offshore wells*. Expert Syst. Appl. 39, 2466–2478.
- Markowski, A., and Kotynia, A. 2011. “Bow-tie” model in layer of protection analysis. Jurnal internasional : [www.elsevier.com/locate/psep](http://www.elsevier.com/locate/psep).
- Mokhtari, K., Ren, J., Roberts, C., and Wang, J. 2011. *Application of a generic bow-tie based risk analysis framework on risk management of sea ports and offshore terminals*. Jurnal internasional : [www.elsevier.com/locate/jhazmat](http://www.elsevier.com/locate/jhazmat).
- Novega, A. 2015. *Analisis Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode Bow-Tie Analysis Pada Pressure Part HRSG (Heat Recovery Steam Generator)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Surabaya.
- Onisawa, T. 1988. *An approach to human reliability in man-machine systems using error possibility*. Fuzzy sets Syst . Vol. 27, 87–103.
- Padaga, L. K. 2018. *Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Surabaya.
- Pujiono, B. 2014. *Modul I Manajemen Proyek*. Repisitory Universitas Terbuka.
- Prakoso, D. 2018. *Analisis Perencanaan Berbasis Risiko Pada Proses Produksi Fore Boubous Bow Kapal Tanker MT. Pangkalan Brandan di PT. PAL Indonesia (Persero)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Surabaya.

- Ramli, S. 2010. *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Perspektif K3*. Dian Rakyat, Jakarta.
- Ramzali, N., Lavasani, M.R.M., Ghodousi, J. 2015. *Safety barriers analysis of offshore drilling system by employing Fuzzy Event Tree Analysis*. Saf. Sci. Vol. 78, 49–59.
- Santosa, B. 2009. *Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi*. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Setyani, N. 2018. Analisis Risiko Keterlambatan Perbaikan Kapal Tanker dengan Metode Bow Tie Analysis (Studi Kasus : MT. YZ di PT. X). Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Surabaya.
- Shahriar, A., Sadiq, R., and Tesfamariam, S. 2012. *Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach fuzzy based bowtie analysis*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol 25, 505-523.
- Yang, T., Hung, C.C. 2007. *Multiple-attribute decision-making methods for plant layout design problem*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Vol 23, 126-137.
- Zarei, E., Khakzad, N., Cozzani, V., and Reniers, G. 2018. *Safety analysis of process systems using Fuzzy Bayesian Network (FBN)*. *Jurnal internasional* : [www.elsevier.com/locate](http://www.elsevier.com/locate)

LAMPIRAN A  
Kuesioner dan Wawancara  
Pengukuran *Probability*

**KUISIONER MENGENAI PROYEK PERBAIKAN KAPAL KMP DRAJAT  
PACIRAN di PT. X**

- Jenis Kelamin : \_\_\_\_\_
- Status : \_\_\_\_\_
- Jabatan : \_\_\_\_\_
- Umur : \_\_\_\_\_
- Pengalaman Bekerja : \_\_\_\_\_
- Pendidikan : \_\_\_\_\_

Kuesioner ini diperlukan untuk penelitian atas nama Putra Perdana Adiyudha Pangestu dari Jurusan Teknik Kelautan FTK Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, untuk membantu pengerjaan tugas akhir yang membahas permasalahan faktor keterlambatan perbaikan kapal KMP Drajat Paciran di PT. X. Berikut ini akan disajikan daftar Basic Event yang ada pada Fault Tree. Menurut anda bagaimana kemungkinan kejadian (*likelihood*) dari masing-masing basic event pada perbaikan kapal penumpang. Untuk parameter skala kemungkinan (*likelihood*) kejadian merujuk pada skala *fuzzy likelihood of failure* dari jurnal Mokhtari *et all* (2011).

Tabel skala *fuzzy likelihood of a failure*

<b>Variabel Linguistik</b>	<b>Definisi</b>	<b>Fungsi Keanggotaan</b>
Very High (VH)	Terjadi dalam setiap perbaikan kapal	(0.75, 1.00, 1.00)
High (H)	Terjadi dalam rentang 5 kali perbaikan kapal	(0.50, 0.75, 1.00)
Medium (M)	Terjadi dalam rentang 25 kali perbaikan kapal	(0.25, 0.50, 0.75)
Low (L)	Terjadi dalam rentang 75 kali perbaikan kapal	(0.00, 0.25, 0.50)
Very Low (VL)	Terjadi dalam rentang 100 kali perbaikan kapal	(0.00, 0.00, 0.25)

Kode	Nama Kejadian	Variabel Linguistik				
		VL	L	M	H	VH
A111	Pengecekan dan perawatan kurang teratur					
A112	Pemakaian peralatan melebihi batas					
A12	Fasilitas perusahaan terbatas					
A2111	Penerimaan karyawan baru yang dibatasi					
A2112	Banyak karyawan yang pensiun					
A212	Jumlah pekerja yang kurang memadai					
A2211	Kemampuan pekerja yang tidak maksimal					
A2212	Gaji pekerja yang terlambat					
A2221	Masalah keluarga					
A2222	Keperluan mendadak					
A31	Fasilitas safety perusahaan kurang memadai					
A32	Cuaca kurang mendukung					
A411	Class BKI yang terlambat					

Kode	Nama Kejadian	Variabel Linguistik				
		VL	L	M	H	VH
A412	Permintaan Owner Surveyor Saat Perbaikan Berlangsung					
A42	Perbaikan tidak sesuai kontrak					
A51	Pekerjaan permesinan terlambat					
A52	Pekerjaan poros dan baling-baling terlambat					
B11	Pelaksanaan rencana pekerjaan tidak terlaksana					
B121	Karyawan kurang sering melakukan pengecekan pekerjaan					
B122	Jumlah karyawan yang mengawasi tidak cukup					
B131	Mengevaluasi hanya bagian paling dominan dalam proyek					
B132	Solusi yang diberikan dalam evaluasi kurang aplikatif					
B21	Koordinasi antara owner dan class BKI kurang baik					

Kode	Nama Kejadian	Variabel Linguistik				
		VL	L	M	H	VH
B22	Koordinasi antara owner dan owner surveyor kurang baik					
B231	Keputusan dari owner surveyor yang mendadak saat proyek berlangsung					
B232	Terlambatnya keputusan owner surveyor					
B3	Rencana awal proyek tidak berjalan lancar					

**KUISIONER MENGENAI PROYEK PERBAIKAN KAPAL KMP DRAJAT  
PACIRAN di PT. X**

Kuesioner ini diperlukan untuk penelitian atas nama Putra Perdana Adiyudha Pangestu dari Jurusan Teknik Kelautan FTK Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, untuk membantu pengerjaan tugas akhir yang membahas akibat dari gagalnya keterlambatan perbaikan kapal KMP Drajat Paciran di PT. X. Berikut ini akan disajikan daftar Privotal Event yang ada pada *Event Tree*. Menurut anda bagaimana kemungkinan keberhasilan dari masing-masing privotal event pada perbaikan kapal penumpang. Untuk parameter skala kemungkinan keberhasilan merujuk pada skala kemungkinan dari jurnal Mokhtari *et all* (2011).

Tabel Skala kemungkinan keberhasilan *Privotal Event*

(Mokhtari *et all*, 2011)

<b>Variabel Linguistik</b>	<b>Definisi</b>	<b>Fungsi Keanggotaan</b>
Very High (VH)	100 % Kemungkinan Berhasil	(0.75, 1.00, 1.00)
High (H)	80 % Kemungkinan Berhasil	(0.50, 0.75, 1.00)
Medium (M)	60 % Kemungkinan Berhasil	(0.25, 0.50, 0.75)
Low (L)	40 % Kemungkinan Berhasil	(0.00, 0.25, 0.50)
Very Low (VL)	20 % Kemungkinan Berhasil	(0.00, 0.00, 0.25)

No.	<i>Privotal Event</i>	Variabel Linguistik				
		VL	L	M	H	VH
1	<i>Survey</i> BKI Tepat Waktu					
2	Tidak Ada Penambahan Item Pekerjaan					
3	Fasilitas dan Jumlah Pekerja Memadai					
4	Material Tersedia di Gudang					

Keterangan :

*Privotal Event* adalah kejadian gagal maupun sukses dari metode keselamatan yang ditetapkan untuk mencegah *Initiating Event* agar tidak mengakibatkan sebuah kecelakaan.

**LAMPIRAN B**  
**Data Responden dan Data Hasil Kuesioner dan**  
**Wawancara**

Tabel Data diri responden

Responden	Kategori			
	<i>Age</i>	<i>Experience</i>	<i>Position</i>	<i>Education</i>
1	29 Tahun	8 Tahun	Staff	D3
2	49 Tahun	25 Tahun	Supervisor	SLTA
3	52 Tahun	19 Tahun	Supervisor	S1
4	48 Tahun	18 Tahun	Supervisor	S1
5	47 Tahun	22 Tahun	Manajer	STM
6	50 Tahun	28 Tahun	Supervisor	D1

Tabel *Basic event* dari diagram FTA

No.	Kode	Nama Kejadian
1	A111	Pengecekan dan perawatan peralatan kurang teratur
2	A112	Pemakaian peralatan melebihi batas
3	A12	Fasilitas perusahaan terbatas
4	A2111	Penerimaan karyawan baru yang dibatasi
5	A2112	Banyak karyawan yang pensiun
6	A212	Jumlah pekerja yang kurang memadai
7	A2211	Kemampuan pekerja yang tidak maksimal
8	A2212	Gaji pekerja yang terlambat
9	A2221	Masalah keluarga
10	A2222	Keperluan mendadak
11	A31	Fasilitas <i>safety</i> perusahaan kurang memadai
12	A32	Cuaca kurang mendukung
13	A411	<i>Class</i> BKI yang terlambat
14	A412	Permintaan <i>Owner Surveyor</i> Saat Perbaikan Berlangsung
15	A42	Perbaikan tidak sesuai kontrak
16	A51	Pekerjaan permesinan terlambat
17	A52	Pekerjaan poros dan baling-baling terlambat
18	B11	Pelaksanaan rencana pekerjaan tidak terlaksana
19	B121	Karyawan kurang sering melakukan pengecekan pekerjaan
20	B122	Jumlah karyawan yang mengawasi tidak cukup

No.	Kode	Nama Kejadian
21	B131	Mengevaluasi hanya bagian paling dominan dalam proyek
22	B132	Solusi yang diberikan dalam evaluasi kurang aplikatif
23	B21	Koordinasi antara <i>owner surveyor</i> dan <i>class</i> BKI kurang baik
24	B22	Koordinasi antara <i>owner</i> dan <i>owner surveyor</i> kurang baik
25	B231	Keputusan dari <i>owner surveyor</i> yang mendadak saat proyek berlangsung
26	B232	Terlambatnya keputusan <i>owner surveyor</i>
27	B3	Rencana awal proyek tidak berjalan lancar

Tabel Hasil Kuisisioner dari Responden

Kegiatan	Responden					
	1	2	3	4	5	6
Pengecekan dan perawatan peralatan kurang teratur	VH	M	M	VH	L	H
Pemakaian peralatan melebihi batas	M	L	L	H	L	M
Fasilitas perusahaan terbatas	M	M	VH	VH	VL	H
Penerimaan karyawan baru yang dibatasi	M	M	L	H	M	L
Banyak karyawan yang pensiun	H	H	H	H	VL	VH
Jumlah pekerja yang kurang memadai	H	H	VH	H	L	VH
Kemampuan pekerja yang tidak maksimal	M	L	M	H	L	L
Gaji pekerja yang terlambat	M	L	M	H	L	M
Masalah keluarga	L	L	L	VH	M	VL
Keperluan mendadak	M	L	M	H	H	L
Fasilitas safety perusahaan kurang memadai	H	M	H	VH	L	H
Cuaca kurang mendukung	M	L	M	H	M	M
Class BKI yang terlambat	M	M	VL	VH	H	M
Permintaan Owner Surveyor Saat Perbaikan Berlangsung	M	M	VH	H	VL	M
Perbaikan tidak sesuai kontrak	M	M	H	H	VL	L
Pekerjaan permesinan terlambat	M	H	M	VH	L	L

Pekerjaan poros dan baling-baling terlambat	M	H	VH	VH	L	L
Pelaksanaan rencana pekerjaan tidak terlaksana	M	L	H	H	M	M
Karyawan kurang sering melakukan pengecekan pekerjaan	H	L	VH	VH	H	L
Jumlah karyawan yang mengawasi tidak cukup	M	L	VH	VH	M	L
Mengevaluasi hanya bagian paling dominan dalam proyek	M	L	VH	VH	M	L
Solusi yang diberikan dalam evaluasi kurang aplikatif	M	M	M	H	H	L
Koordinasi antara <i>owner surveyor</i> dan <i>class BKI</i> kurang baik	L	H	H	VH	M	L
Koordinasi antara <i>owner</i> dan <i>owner surveyor</i> kurang baik	L	M	H	VH	L	L
Keputusan dari <i>owner surveyor</i> yang mendadak saat proyek berlangsung	H	M	VH	VH	VL	H
Terlambatnya keputusan <i>owner surveyor</i>	H	H	VH	VH	VL	H
Rencana awal proyek tidak berjalan lancar	H	M	VH	VH	H	H

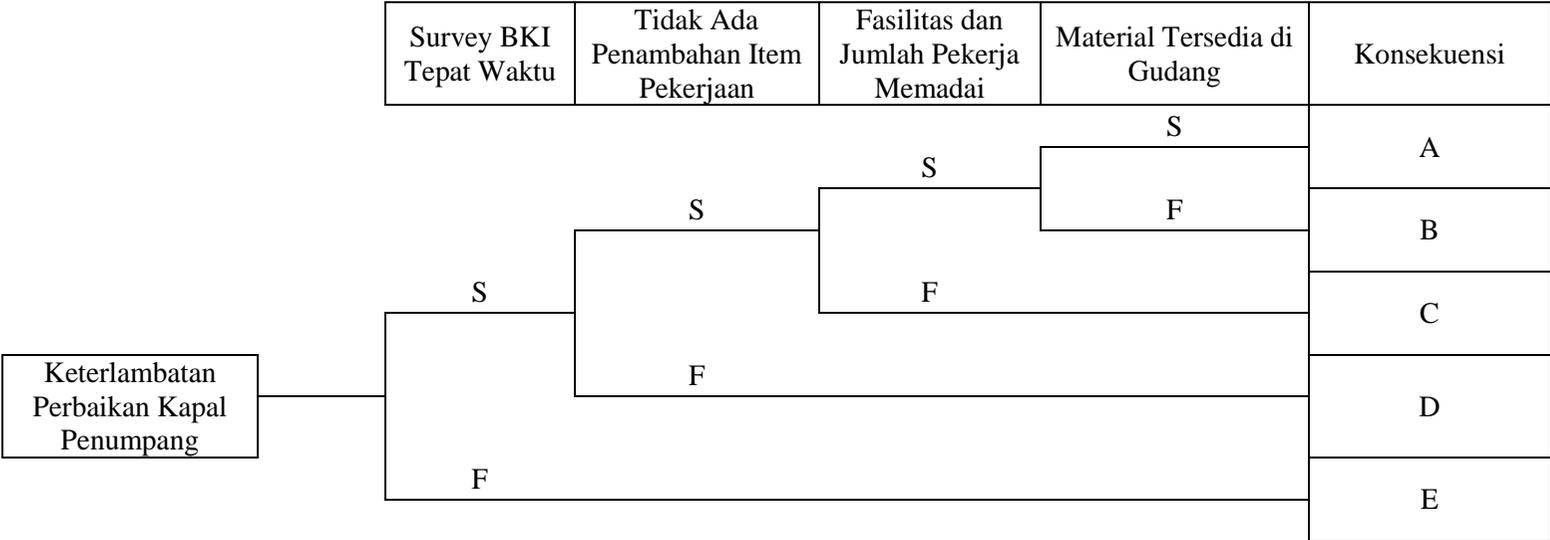
Tabel Hasil Kusioner dari Responden (FETA)

<i>Privotal Event</i>	1	2	3	5	6
<i>Survey BKI</i> tepat waktu	M	VH	M	VH	H
Tidak ada penambahan pekerjaan	M	H	H	VH	VH
Fasilitas dan jumlah pekerja memadai	H	VH	H	H	H
Material tersedia di gudang	H	H	VH	VH	M

LAMPIRAN C  
Hasil Analisis FFTA, FETA dan *Minimal Cut Set*  
Menggunakan *Software TopEvent* FTA



Diagram ETA akibat dari proyek perbaikan kapal penumpang KMP. Drajat Paciran terlambat



Fuzzy number yang telah dikalikan bobot responden untuk FFTA (5 responden)

Kode	Fuzzy Number 1			Fuzzy Number 2			Fuzzy Number 3			Fuzzy Number 4			Fuzzy Number 5		
	a'	b'	c'												
A111	0,10	0,13	0,13	0,05	0,10	0,15	0,06	0,12	0,18	0,00	0,05	0,11	0,11	0,16	0,22
A112	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,00	0,06	0,12	0,00	0,05	0,11	0,05	0,11	0,16
A12	0,03	0,06	0,10	0,05	0,10	0,15	0,18	0,24	0,24	0,00	0,00	0,05	0,11	0,16	0,22
A2111	0,03	0,06	0,10	0,05	0,10	0,15	0,00	0,06	0,12	0,05	0,11	0,16	0,00	0,05	0,11
A2112	0,06	0,10	0,13	0,10	0,15	0,20	0,12	0,18	0,24	0,00	0,00	0,05	0,16	0,22	0,22
A212	0,06	0,10	0,13	0,10	0,15	0,20	0,18	0,24	0,24	0,00	0,05	0,11	0,16	0,22	0,22
A2211	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,06	0,12	0,18	0,00	0,05	0,11	0,00	0,05	0,11
A2212	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,06	0,12	0,18	0,00	0,05	0,11	0,05	0,11	0,16
A2221	0,00	0,03	0,06	0,00	0,05	0,10	0,00	0,06	0,12	0,05	0,11	0,16	0,00	0,00	0,05
A2222	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,06	0,12	0,18	0,11	0,16	0,22	0,00	0,05	0,11
A31	0,06	0,10	0,13	0,10	0,15	0,20	0,12	0,18	0,24	0,00	0,05	0,11	0,11	0,16	0,22
A32	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,06	0,12	0,18	0,05	0,11	0,16	0,05	0,11	0,16
A411	0,03	0,06	0,10	0,10	0,15	0,20	0,00	0,00	0,06	0,11	0,16	0,22	0,05	0,11	0,16
A412	0,03	0,06	0,10	0,10	0,15	0,20	0,18	0,24	0,24	0,00	0,00	0,05	0,05	0,11	0,16
A42	0,03	0,06	0,10	0,10	0,15	0,20	0,12	0,18	0,24	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,11
A51	0,03	0,06	0,10	0,10	0,15	0,20	0,06	0,12	0,18	0,00	0,05	0,11	0,00	0,05	0,11
A52	0,03	0,06	0,10	0,10	0,15	0,20	0,18	0,24	0,24	0,00	0,05	0,11	0,00	0,05	0,11
B11	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,12	0,18	0,24	0,05	0,11	0,16	0,05	0,11	0,16
B121	0,06	0,10	0,13	0,00	0,05	0,10	0,18	0,24	0,24	0,11	0,16	0,22	0,00	0,05	0,11
B122	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,18	0,24	0,24	0,05	0,11	0,16	0,00	0,05	0,11
B131	0,03	0,06	0,10	0,00	0,05	0,10	0,18	0,24	0,24	0,05	0,11	0,16	0,00	0,05	0,11
B132	0,03	0,06	0,10	0,05	0,10	0,15	0,06	0,12	0,18	0,11	0,16	0,22	0,00	0,05	0,11
B21	0,00	0,03	0,06	0,10	0,15	0,20	0,12	0,18	0,24	0,05	0,11	0,16	0,00	0,05	0,11
B22	0,00	0,03	0,06	0,05	0,10	0,15	0,12	0,18	0,24	0,00	0,05	0,11	0,00	0,05	0,11
B231	0,06	0,10	0,13	0,05	0,10	0,15	0,18	0,24	0,24	0,00	0,00	0,05	0,11	0,16	0,22
B232	0,06	0,10	0,13	0,10	0,15	0,20	0,18	0,24	0,24	0,00	0,00	0,05	0,11	0,16	0,22
B3	0,06	0,10	0,13	0,05	0,10	0,15	0,18	0,24	0,24	0,11	0,16	0,22	0,11	0,16	0,22

Fuzzy number yang telah dikalikan bobot responden untuk FETA (5 responden)

Privotal Event	Fuzzy Number 1			Fuzzy Number 2			Fuzzy Number 3			Fuzzy Number 5			Fuzzy Number 6		
	a'	b'	c'												
PV-1 S	0,032	0,064	0,095	0,150	0,200	0,200	0,059	0,118	0,177	0,164	0,218	0,218	0,109	0,164	0,218
PV-2 S	0,032	0,064	0,095	0,100	0,150	0,200	0,118	0,177	0,236	0,164	0,218	0,218	0,164	0,218	0,218
PV-3 S	0,064	0,095	0,127	0,150	0,200	0,200	0,118	0,177	0,236	0,109	0,164	0,218	0,109	0,164	0,218
PV-4 S	0,064	0,095	0,127	0,100	0,150	0,200	0,177	0,236	0,236	0,164	0,218	0,218	0,055	0,109	0,164

Hasil perhitungan untuk menentukan level risiko dari masin-masing konsekuensi

FPS	K	FPR	Probabilitas	Prob. Score	Kons. Score	Total Score	Level Risiko
0,333164	2,899814	0,0012595	Occasional	4	1	4	Low
0,099517	4,794868	1,604E-05	Improbable	2	2	4	Low
0,122038	4,44198	3,614E-05	Improbable	2	3	6	Moderate
0,147457	4,129844	7,416E-05	Improbable	2	3	6	Moderate
0,259709	3,262535	0,0005463	Remote	3	3	9	Moderate

Hasil dari perhitungan dari FFTA

Kode	Fuzzy Number Total			FPs	K	FPr	Rank
	a''	b''	c''				
A111	0,31	0,56	0,78	0,55	2,14	0,007188702	10
A112	0,09	0,34	0,59	0,34	2,89	0,001300289	26
A12	0,37	0,56	0,75	0,56	2,12	0,00763518	8
A2111	0,14	0,39	0,64	0,39	2,68	0,002067029	24
A2112	0,45	0,64	0,84	0,64	1,90	0,012678395	4
A212	0,50	0,75	0,89	0,72	1,69	0,020474138	2
A2211	0,09	0,34	0,59	0,34	2,87	0,001359873	25
A2212	0,15	0,40	0,65	0,40	2,65	0,00223511	23
A2221	0,05	0,25	0,50	0,27	3,22	0,000608911	27
A2222	0,20	0,45	0,70	0,45	2,46	0,003465941	19
A31	0,39	0,64	0,89	0,64	1,90	0,012678395	5
A32	0,20	0,45	0,70	0,45	2,46	0,003465941	19
A411	0,30	0,49	0,74	0,51	2,28	0,00521819	14
A412	0,36	0,56	0,75	0,56	2,13	0,007409027	9
A42	0,25	0,45	0,70	0,46	2,42	0,003841319	18
A51	0,19	0,44	0,69	0,44	2,49	0,003231878	21
A52	0,31	0,56	0,75	0,54	2,18	0,006561143	11
B11	0,26	0,51	0,76	0,51	2,27	0,00532998	13
B121	0,35	0,60	0,79	0,58	2,07	0,008601436	7
B122	0,26	0,51	0,70	0,49	2,32	0,004789937	16
B131	0,26	0,51	0,70	0,49	2,32	0,004789937	16
B132	0,25	0,50	0,75	0,50	2,30	0,005000345	15
B21	0,27	0,52	0,77	0,52	2,23	0,005857712	12
B22	0,17	0,42	0,67	0,42	2,57	0,002699213	22
B231	0,40	0,60	0,79	0,59	2,03	0,009395976	6
B232	0,45	0,65	0,84	0,64	1,89	0,01292371	3
B3	0,51	0,76	0,95	0,74	1,63	0,023693423	1

Hasil Perhitungan dari FETA

Privotal Event	Fuzzy Number Total			FPs
	a''	b''	c''	
PV-1 S	0,51	0,76	0,91	0,73
PV-2 S	0,58	0,83	0,97	0,79
PV-3 S	0,55	0,80	1,00	0,78
PV-4 S	0,56	0,81	0,95	0,77

Skala untuk menentukan *Frequency Index*

FI	Frequency	Probability
6	Frequent	0,1 -1
5	Probable	0,01 - 0,09
4	Occasional	0,001 - 0,009
3	Remote	0,0001 - 0,0009
2	Improbable	0,00001 - 0,00009
1	Incredible	0,000001 - 0,000009

Skala untuk menentukan *Severity Index*

SI	Consequence	Definition	% Denda	Denda (Rupiah)
1	Negligible	< 1 Hari	0% - 0,1%	maksimal 1.000.000
2	Marginal	1 - 4 Hari	0,2% - 0,8%	maksimal 10.000.000
3	Critical	5 - 14 hari	0,9% - 1,4%	maksimal 10.000.000
4	Catastrophic	>14 Hari	>1,5%	lebih dari 10.000.000

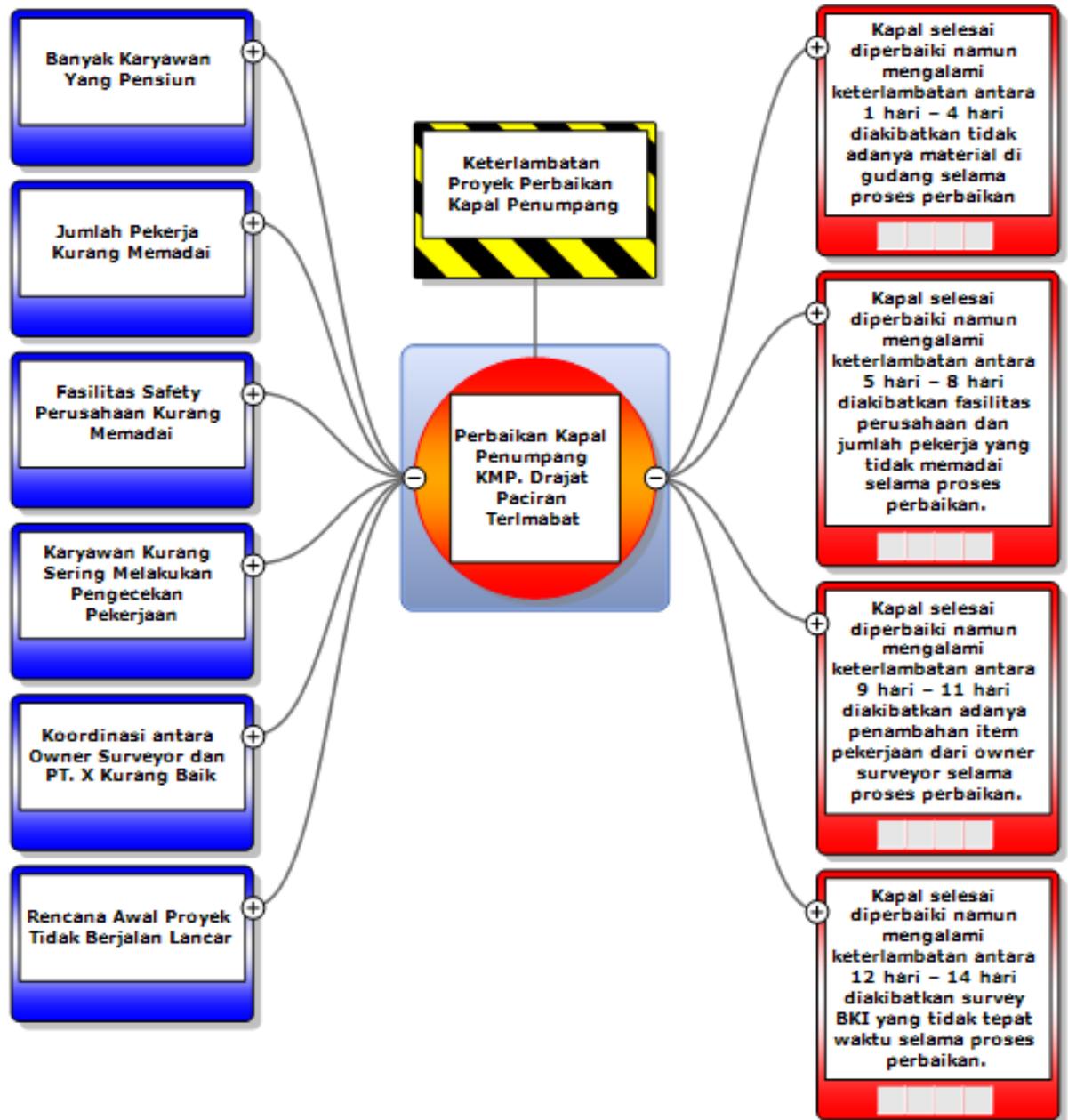
### Risk Matrix

		1	2	3	4
		Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic
6	Frequent	6	12	18	24
5	Probable	5	10	15	20
4	Occasional	4	8	12	16
3	Remote	3	6	9	12
2	Improbable	2	4	6	8
1	Incredible	1	2	3	4

	Low
	Moderate
	High
	Extreme

LAMPIRAN D  
Hasil dari *BowTie Analysis* Menggunakan  
*Software BowTieXP*

Hasil Diagram *Bowtie*







Putra Perdana Adiyudha P dilahirkan di Klaten, Jawa Tengah, pada tanggal 30 April 1997. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di TK Senden Kota Klaten, dilanjutkan ke pendidikan dasar di SDN Ngawen Kota Klaten, kemudian pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Kota Klaten, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Klaten. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2015 penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN beasiswa bidik misi dikti. Selama menjadi mahasiswa selain aktif dibidang akademis, penulis juga aktif di berbagai kegiatan intra kampus. Kegiatan intra kampus yang pernah diikuti oleh penulis adalah menjadi Ketua Divisi non PKM Departemen Inovasi dan Karya HIMATEKLA Departemen Teknik Kelautan 2017/2018 dan pernah menjadi Wakil Ketua Eksternal UKM Ju-Jitsu ITS. Penulis juga aktif di berbagai kepanitiaan seperti Ketua koordinasi divisi design kreatif OCEANO 2018 dan volunteer ITS MENYAPA SOSMAS BEM ITS. Penulis memiliki pengalaman melakukan kerja praktek di perusahaan yaitu di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, dan mengambil data Tugas Akhir juga di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya. Penulis mengakhiri masa perkuliahannya dengan menulis Tugas Akhir dengan bidang manajemen risiko proyek perbaikan kapal berjudul “Analisis Risiko Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal Penumpang”. Kritik dan saran untuk kelancaran penelitian ini kedepannya dapat disampaikan melalui e-mail [yudhacoc37@gmail.com](mailto:yudhacoc37@gmail.com).