



THESIS ME 142516

PROBABILISTIC ASSESMENT EVAKUASI PENUMPANG KAPAL RORO PENYEBERANGAN

RUDIANTO

NRP 04211650010002

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Trika Pitana S.T., M.Sc

PROGRAM STUDI PASCASARJANA
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:
Rudianto
NRP.04211650010002**

**Tanggal Ujian: 17 Januari 2019
Periode Wisuda: Maret 119**

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing:

- 1. Dr.Eng. Trika Pitana., S.T., M.Sc
NIP. 19760129 200112 1 001**

(.....
[Handwritten Signature]

Dosen Penguji:

- 2. Ir. AA Masroeri, M.Eng., D.Eng
NIP. 19580807 198403 1 004**

(.....
[Handwritten Signature]

- 3. Dr. Sutopo Purwono F, S.T, M.Eng
NIP. 19751006 200212 1 003**

(.....
[Handwritten Signature]

Dekan Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember



Prof. Dr. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

NIP. 49590505 198403 1 012

***PROBABLISTIC ASSESSMENT EVAKUASI PENUMPANG
KAPAL RO-RO PENYEBERANGAN***

Mahasiswa : Rudianto
NRP : 04211650010002
Dosen Pembimbing : Dr.Eng. Trika Pitana S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Data kebutuhan dan kecelakaan kapal khususnya kapal penumpang, selama 7 tahun terakhir (2010 – 2016) terus meningkatkan setiap tahunnya. Perlu dilakukan analisa terkait faktor penyebab kegagalan evakuasi penumpang selama keadaan darurat. Pada penelitian ini pendekatan yang digunakan adalah kuesioner dan Fault Tree Analysis. Data awal diperoleh melalui laporan investigasi kecelakaan kapal oleh KNKT dan penyebaran kuesioner. Data kuesioner akan diuji validitas dan reliabilitas, selanjutnya akan diolah dan didapatkan nilai probabilitas pada setiap faktor yang berpengaruh pada kegagalan evakuasi. Hasil analisa dari data kuesioner didapatkan ada 4 (empat) faktor dominan yang menjadi penyebab kegagalan evakuasi, diantaranya: kelebihan penumpang (0,439), radio komunikasi tidak berfungsi/ tidak terdengar (0,427), kompetensi awak kapal terkait prosedur keselamatan dan penanganan keadaan darurat (0,415) dan alarm tidak berbunyi/ tidak terdengar (0,410). Fault Tree Analysis digunakan untuk mencari minimal cut set dari penyebab kegagalan evakuasi. Dari analisa FTA diperoleh 32 minimal cut set untuk kegagalan evakuasi, 20 minimal cut set untuk penyebab kapal tenggelam dan 24 minimal cut set untuk penyebab kapal terbakar.

Kata Kunci: *Fault Tree Analysis, Laporan Investigasi, Kuesioner, Kecelakaan Kapal, Evakuasi, Probabilitas, Minimal Cut Set*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

***PROBABLISTIC ASSESSMENT EVACUATION OF
PASSENGERS RO-RO SHIP***

Student : Rudianto
NRP : 04211650010002
Consellor Lecturer : Dr.Eng. Trika Pitana S.T., M.Sc.

ABSTRACT

Based on data on ship needs and accidents, especially passenger ships, over the past 7 years (2010-2016) it continues to increase every year. Analysis related to the factors causing failure of passenger evacuation during an emergency. In this study the approach used is the questioner and Fault Tree Analysis. Preliminary data is obtained through the ship accident investigation report by the KNKT and the distribution of questioners. Questioner data will be tested for validity and reliability, then it will be processed and obtained a probability value for each factor that influences the failure of evacuation. The analysis results from questioner data found obtained 4 (four) dominant factors that caused evacuation failure, including: excess passengers (0,439), non-functioning / inaudible radio communications (0,427), crew competency related to safety procedures and emergency handling (0,415) and non-functioning / inaudible alarm (0,410). Fault Tree Analysis is used to find the minimum cut set from the cause of evacuation failure. From the FTA analysis obtained 32 minimum cut sets for evacuation failure, 20 minimum cut sets for the cause of ship sinking and 24 minimum cut sets for the cause of ships burning.

Keyword: *Fault Tree Analysis, Investigation Report, Questioner, Ship Accident, Evacuation, Probabilitas, Minimal Cut Set Set*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT dengan seluruh limpahan rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan thesis ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang kepada

1. Orang Tua (Ibu Napsiah dan Bapak Slamet Riyadi) untuk doa, dukungan, dan kasih sayang yang tak pernah berhenti diberikan kepada penulis baik dalam kehidupan sehari-hari dan selama penulisan tesis ini.
2. Keluarga Banyuwangi (Wawan, Endik dan Yayuk) dan Keluarga Tulungagung (Ninik, Wiwik, Titik dan Nono), untuk bimbingan serta nasehat dalam penyelesaian tesis.
3. Dosen Wali: Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T.,M.Sc untuk bimbingan selama menempuh Magister di Dept. Teknik Sistem Perkapalan-ITS
4. Dosen Pembimbing: Dr.Eng. Trika Pitana.,S.T.,M.Sc yang senantiasa sabar untuk membimbing dan memberi pengarahan pada penulis agar dapat menyelesaikan tesis.
5. Dosen penguji: Dr.Eng Ir. AA Masroeri, M.Eng dan Sutopo Purwono Fitri, S.T.,M.Eng.,Ph.D yang memberikan koreksi dan masukan dalam penulisan tesis.
6. Annisa beserta Keluarga (Bpk. Jabir, Ibu Siti Umaiyah dan Mbah Widji) untuk semangat dan dukungannya dalam pengerjaan tesis ini.
7. Teman seangkatan Magister th.2016 (Eddy, Darmawan, Gusma, Danang dan Putri)
8. Dan semua pihak yang membantu dan tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tesis ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya dan semoga dengan penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kebaikan.

Surabaya, Januari 2019

(Penulis)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain:..... | 4 |
| 1.4 Manfaat..... | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Kecelakaan Kapal di Indonesia | 5 |
| 2.2 Studi literatur evakuasi penumpang kapal di Indonesia | 7 |
| 2.3 Proses Evakuasi Kapal Penumpang | 8 |
| 2.4 Skala LiKert | 9 |
| 2.5 Fault Tree Analysis (FTA) | 10 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | 15 |
| 3.1 Umum..... | 15 |
| 3.2 Studi Literatur..... | 16 |
| 3.3 Penentuan Jumlah Sampel..... | 16 |
| 3.4 Pengumpulan Data | 17 |
| 3.4.1 Data Primer | 17 |
| 3.4.2 Data Sekunder | 17 |
| 3.5 Pengambilan Data..... | 17 |
| 3.5.1 Kuesioner menggunakan Skala Likert | 17 |
| 3.5.2 Pengambilan Sampel..... | 18 |
| 3.5.3 Metode Penyebaran Kuesioner | 19 |
| 3.6 Pengujian Hasil Olah Data | 19 |

| | | |
|--------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 3.6.1 | Uji Validitas..... | 19 |
| 3.6.2 | Uji Reliabilitas..... | 19 |
| 3.7 | Pengolahan Data | 20 |
| 3.7.1 | Menyusun Grafis FTA..... | 20 |
| 3.7.2 | Analisa kombinasi faktor-faktor kegagalan evakuasi..... | 20 |
| 3.8 | Analisa Data dan | 20 |
| 3.9 | Kesimpulan dan Saran | 21 |
| BAB 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN | 23 |
| 4.1 | Identifikasi <i>Hazar</i> | 23 |
| 4.2 | Pengumpulan Data..... | 24 |
| 4.3 | Perolehan Data Kuesioner..... | 25 |
| 4.3.1 | Kegagalan Evakuasi | 27 |
| 4.3.2 | Penumpang Panik | 28 |
| 4.3.2.1 | Kapal Terbakar | 28 |
| 4.3.2.2 | Kapal Tenggelam | 29 |
| 4.3.2.3 | Antrian Evakuasi | 29 |
| 4.3.3 | Peralatan Keselamatan..... | 30 |
| 4.3.3.1 | Pembagian LifeJacket Terbangkalai | 30 |
| 4.3.4 | Peralatan Komunikasi..... | 31 |
| 4.3.5 | Faktor Alam..... | 32 |
| 4.4 | Pengujian Hasil Olah Data..... | 32 |
| 4.4.1 | Uji Validitas..... | 32 |
| | Uji Reliabilitas..... | 33 |
| 4.5 | Validasi Data Kuesioner dari <i>Expert</i> | 34 |
| 4.6 | Pengolahan Data | 36 |
| 4.6.1 | Kegagalan Evakuasi | 37 |
| 4.6.1.1 | Kegagalan Evakuasi Even 01 | 39 |
| 4.6.1.2 | Kegagalan Evakuasi Event 02..... | 41 |
| 4.6.1.3 | Kegagalan Evakuasi Event 03..... | 43 |
| 4.6.1.4 | Kegagalan Evakuasi Event 04..... | 44 |
| 4.6.1.5 | Kegagalan Evakuasi Event 05..... | 45 |

| | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------|
| 4.6.2 | Kapal Tenggelam | 47 |
| 4.6.3 | Kapal Terbakar | 52 |
| 4.7 | Probabilitas <i>Event</i> | 56 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 59 |
| 5.1 | Kesimpulan | 59 |
| 5.2 | Saran | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 61 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1-1 Distribusi kecelakaan kapal Indonesia 2010 – 2016 (Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2016)..... | 1 |
| Gambar 2-1 Jumlah Armada Pelayaran Nasional 2015 (katadata.co.id 2017) | 5 |
| Gambar 2-2 Rasio kecelakaan kapal yang di indentifikasi 2010- 2016 (Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2017)..... | 7 |
| Gambar 2-3 Struktur <i>Fault Tree Analysis</i> (Rausan and Hoyland 2004)..... | 11 |
| Gambar 3-1 Diagram alir penelitian | 15 |
| Gambar 4-1 Diagram alur kegagalan evakuasi | 23 |
| Gambar 4-2 Jenis Kelamin Responden | 25 |
| Gambar 4-3 Responden..... | 26 |
| Gambar 4-4 Responden Bidang Pemerintahan | 26 |
| Gambar 4-5 Kegagalan Evakuasi..... | 27 |
| Gambar 4-6 Penumpang Panik | 28 |
| Gambar 4-7 Kapal Terbakar..... | 28 |
| Gambar 4-8 Kapal tenggelam | 29 |
| Gambar 4-9 Antrian Evakuasi..... | 29 |
| Gambar 4-10 Peralatan Keselamatan | 30 |
| Gambar 4-11 Pembagian LifeJacket Terbengkalai | 31 |
| Gambar 4-12 Peralatan Komunikasi | 31 |
| Gambar 4-13 Faktor Alam | 32 |
| Gambar 4-14 Hasil Output SPSS Pengujian Reliabilitas..... | 34 |
| Gambar 4-15 Penyebab Kegagalan Evakuasi Menurut <i>Expert</i> | 36 |
| Gambar 4-16 Model Grafis FTA Kegagalan Evakuasi..... | 38 |
| Gambar 4-17 Kegagalan Evakuasi Event 01 | 39 |
| Gambar 4-18 Kegagalan Evakuasi Event 02 | 41 |
| Gambar 4-19 Kegagalan Evakuasi Event 03 | 43 |
| Gambar 4-20 Kegagalan Evakuasi Event 04 | 44 |
| Gambar 4-21 Kegagalan Evakuasi Event 05 | 46 |
| Gambar 4-22 Model Grafis FTA Kapal Tenggelam | 49 |
| Gambar 4-23 Model Grafis FTA Kapal Terbakar..... | 53 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2-1 Data Kecelakaan Kapal Laut yang Diinvestigasi KNKT 2010-2016..... | 6 |
| Tabel 2-2 Simbol Standar Penggambaran FTA | 12 |
| Tabel 3-1 Skala Kuesioner | 18 |
| Tabel 4-1 Hasil Uji Validitas | 33 |
| Tabel 4-2 Pengisian Kuesioner oleh <i>Expert</i> | 35 |
| Tabel 4-3 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 01..... | 40 |
| Tabel 4-4 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Even 01 | 40 |
| Tabel 4-5 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 02..... | 42 |
| Tabel 4-6 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 02..... | 42 |
| Tabel 4-7 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 03..... | 43 |
| Tabel 4-8 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 03..... | 44 |
| Tabel 4-9 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 04..... | 45 |
| Tabel 4-10 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 04..... | 45 |
| Tabel 4-11 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 04..... | 46 |
| Tabel 4-12 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 04..... | 47 |
| Tabel 4-13 Minimal Cut Set Kapal Tenggelam | 50 |
| Tabel 4-14 Keterangan Tabel Kapal Tenggelam | 51 |
| Tabel 4-15 Minimal Cut Set Kapal Terbakar..... | 54 |
| Tabel 4-16 Keterangan Tabel Kapal Terbakar..... | 55 |
| Tabel 4-17 Tabel Probabilitas Event..... | 56 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara maritime yang memiliki 2/3 laut dari seluaruh luas wilayahnya, menjadikan transportasi laut adalah moda transportasi yang potensial. Seiring kebutuhan akan transportasi laut, peningkatan jumlah armada pelayaran nasional mengalami pertumbuhan cukup signifikan pada periode 2005-2015. Pada 2005, jumlah armada pelayaran di Indonesia hanya 6.041, tapi pada 2015 telah meningkat menjadi 16.574 kapal (katadata.co.id 2017). Pada **Gambar 1-1** ditunjukkan distribusi lokasi terjadinya kecelakaan di Indonesia selama tahun 2010-2016 (Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2016).



Gambar 1-1 Distribusi kecelakaan kapal Indonesia 2010 – 2016 (Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2016)

Seiring peningkatan armada pelayaran, juga diikuti dengan peningkatan terjadinya kecelakaan kapal di perairan Indonesia. Data dari KNKT (Komite Nasional Keselamatan Kapal) selama 7 tahun terakhir ((2010-2016) menunjukkan terjadinya peningkatan angka kecelakaan setiap tahunnya yang memakan korban jiwa yang tidak sedikit. Menurut IMO (*Internasional Maritime Organization*),

kecelakaan kapal dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu; tenggelam, kebakaran, tubrukan, kandas, terbalik dan ledakan (IMO 1993).

Berdasarkan data analisis dan data investigasi transportasi laut yang dilakukan oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) pada tahun 2010-2016, terdapat berbagai jenis kasus kecelakaan, diantaranya adalah: kapal tubrukan (31%) kapal terbakar atau meledak (35%), kapal tenggelam (24%), kapal kandas (6%) dan lainnya (4%).

Selama kurun waktu 7 tahun tersebut jumlah kecelakaan yang telah terjadi di Indonesia. Dari banyaknya kasus kecelakaan yang ada, perlu dikaji lebih dalam terkait keselamatan pelayaran. Kajian tersebut dapat memberikan rekomendasi pada beberapa pihak terkait keselamatan pelayaran. Salah satu faktor keselamatan pelayaran adalah evakuasi kapal ketika keadaan darurat. Evakuasi penumpang menjadi faktor penting guna mengurangi jumlah korban dari kecelakaan kapal yang terjadi. Perencanaan sedemikian rupa terkait evakuasi penumpang menjadi hal yang perlu diperhatikan (Fuad and Aryawan 2011). Evakuasi penumpang saling keterkaitan dengan satu yang lainnya, apabila ada yang kurang maka akan menyebabkan kegagalan evakuasi.

Berdasarkan data kecelakaan kapal laut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait tingginya angka kecelakaan khususnya kapal penumpang. Proses evakuasi pada saat terjadinya kecelakaan merupakan proses yang kompleks dan rumit, selain membutuhkan standar keselamatan yang tepat serta penanganan evakuasi harus berjalan seefisien mungkin. Perlu dikaji lebih jauh mengenai faktor yang mempengaruhi kelancaran evakuasi.

Untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berkaitan dengan kegagalan evakuasi maka diperlukannya analisa apa saja yang menjadi penghalang evakuasi. Analisa deskriptif dengan bantuan penyebaran kuesioner dapat digunakan untuk menampung pendapat dari pernyataan yang telah disusun. Sehingga akan keluar faktor mana yang lebih dominan yang berimbas pada kegagalan evakuasi.

Setelah diketahui faktor mana yang menyebabkan kegagalan evakuasi, maka selanjutnya dapat dilakukan langkah mitigasi yaitu berupa penanganan faktor

terkait. Sehingga diharapkan dengan adanya mitigasi dapat mengurangi faktor penyebab kegagalan evakuasi. Mitigasi dapat berupa gagasan yang dapat dipertimbangkan dan dapat direkomendasikan kepada berbagai pihak agar kegagalan evakuasi dapat diminimalisir.

Kegagalan evakuasi adalah hal yang harus dihindari, karena selain dapat menimbulkan korban jiwa dalam hal ini adalah penumpang maupun ABK, selain itu kerugian yang akan dialami oleh pemilik kapal juga harus diperhitungkan. Untuk mencegah terjadinya kegagalan evakuasi, maka diperlukan penilaian kegagalan evakuasi yang terjadi saat ini agar dapat meminimalisir dampak kerugian yang akan dialami dikemudian hari.

Faktor-faktor penyebab kegagalan evakuasi harus dicari agar tidak terulang lagi. Salah satu metode yang dapat dipergunakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) atau Analisa Pohon Kegagalan FTA merupakan teknik untuk meng-identifikasikan kegagalan (*failure*) dari suatu sistem. FTA berorientasi pada fungsi atau yang lebih dikenal dengan “*top down approach*” karena analisa ini berawal dari system level (top) dan meneruskannya ke bawah (Priyanta 2000). Selain itu FTA merupakan metode analisis manajemen risiko yang bersifat deduktif yang dimulai dengan menetapkan kejadian puncak (*top event*) yang kemudian diidentifikasi dalam bentuk pohon logika ke arah bawah menggunakan simbol-simbol. Dengan metode *fault tree analysis* (FTA) sebagai *probabilistic assessment* dapat dilakukan identifikasi bahaya secara deduktif sehingga mampu menganalisa secara spesifik, fokus, dan rinci pada satu kejadian puncak yang tidak diinginkan dan mengetahui penyebab-penyebab terjadinya kejadian puncak tersebut beserta angka probabilitasnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat ditarik perumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kegagalan evakuasi

2. Faktor manakah yang memberikan dampak paling besar pada kegagalan evakuasi
3. Bagaimana nilai probabilitas dengan mengidentifikasi hazard yang berpotensi pada proses evakuasi penumpang kapal berdasarkan studi yang telah dilakukan
4. Berapa *minimal cut set* yang menjadi penyebab kegagalan evakuasi

1.3 Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain:

1. Mengidentifikasi factor-faktor penyebab terjadinya kegagalan evakuasi
2. Mengidentifikasi factor yang memberikan dampak paling besar pada evakuasi penumpang
3. Mencari nilai probabilitas pada kegagalan evakuasi penumpang dengan mengidentifikasi *hazard* yang berpotensi
4. Mencari *minimal cut set* pada kegagalan evakuasi

1.4 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan penilaian terhadap proses evakuasi yang ada di Indonesia
2. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode yang berbeda untuk menghitung probabilitas evakuasi penumpang kapal
3. Penelitian ini dapat menjadi salah satu alternatif referensi dalam pembuatan peraturan standar yang dipenuhi oleh pemilik kapal maupun operator kapal guna mengurangi dampak akibat kegagalan evakuasi.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, pokok bahasan yang akan dianalisa akan dibatasi pada permasalahan. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

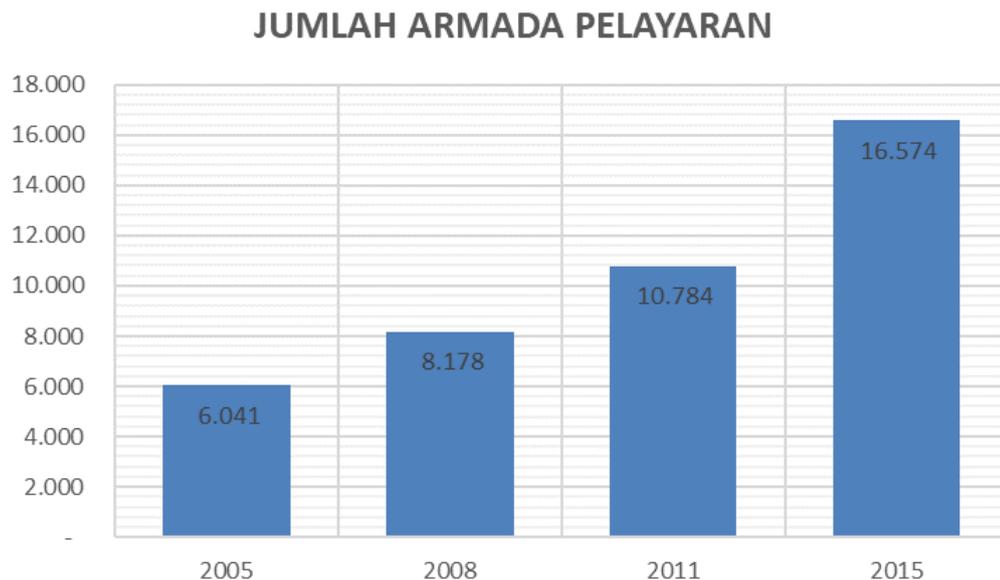
1. Perolehan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner
2. Penyebaran kuesioner melalui media elektronik (*google form*)
3. Kapal yang dibahas dalam penelitian adalah kapal penumpang
4. Analisa dalam penelitian menggunakan metode deskriptif

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kecelakaan Kapal di Indonesia

Seperti yang kita ketahui Indonesia merupakan negara yang luas wilayahnya adalah 2/3 laut, sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa moda transportasi laut merupakan salah satu sarana utama untuk menghubungkan antar pulau. Seiring berjalannya waktu kebutuhan kapal di Indonesia terus meningkat dari tahun ketahun. Pada **Gambar 2-1** menunjukkan jumlah armada pelayaran di Indonesia hanya 6.041 pada tahun 2011, tapi pada 2015 telah meningkat menjadi 16.574 kapal (katadata.co.id 2017).



Gambar 2-1 Jumlah Armada Pelayaran Nasional 2015 (katadata.co.id 2017)

Namun seiring dengan peningkatan armada pelayaran, juga diikuti dengan peningkatan terjadinya kecelakaan kapal di perairan Indonesia. Data dari KNKT (Komite Nasional Keselamatan Kapal) selama 7 tahun terakhir ((2010-2016) **Tabel 2-1** menunjukkan terjadinya peningkatan angka kecelakaan setiap tahunnya yang

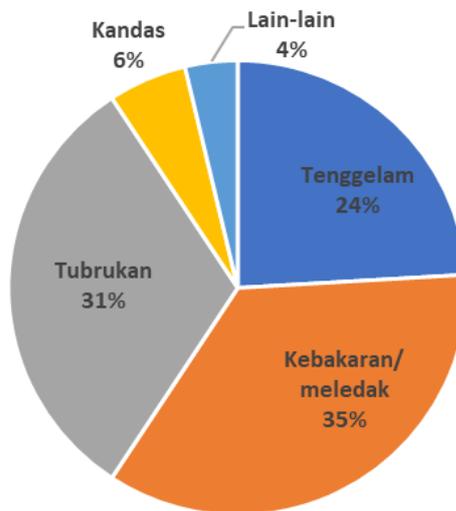
memakan korban jiwa yang tidak sedikit. Dari rentan waktu selama 7 tahun tersebut, kecelakaan armada pelayaran sudah memakan korban jiwa sebesar 337 orang untuk korban meninggal/hilang dan 474 orang untuk korban yang mengalami luka-luka baik serius maupun ringan. Data tersebut masih terbatas pada kapal yang telah diinvestigasi oleh KNKT sedangkan kapal yang tidak diinvestigasi oleh KNKT jumlahnya tidak sedikit dan tentu juga memakan korban jiwa yang tidak sedikit pula.

Tabel 2-1 Data Kecelakaan Kapal Laut yang Diinvestigasi KNKT 2010-2016

| NO. | TAHUN | JUMLAH KECELAKAAN | JENIS KECELAKAAN | | | | | KORBAN JIWA | |
|--------------|-------|----------------------|------------------|----------------------|-----------|----------|-----------|--------------------------------|---------------------|
| | | | Tenggelam | Terbakar/ meledak | Tubrukan | Kandas | Lain-lain | Korban meninggal/ hilang | Korban luka-luka |
| 1 | 2010 | 5 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 15 | 85 |
| 2 | 2011 | 6 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 86 | 346 |
| 3 | 2012 | 4 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 13 | 10 |
| 4 | 2013 | 6 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 65 | 9 |
| 5 | 2014 | 7 | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 22 | 4 |
| 6 | 2015 | 11 | 3 | 4 | 3 | 1 | 0 | 85 | 2 |
| 7 | 2016 | 15 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 51 | 18 |
| TOTAL | | 54 | 13 | 19 | 17 | 3 | 2 | 337 | 474 |

Sumber:(Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2016)

Berdasarkan data analisis dan data investigasi transportasi laut yang dilakukan oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) pada tahun 2010-2016, terdapat berbagai jenis kasus kecelakaan, diantaranya adalah: kapal tubrukan (31%) kapal terbakar atau meledak (35%), kapal tenggelam (24%), kapal kandas (6%) dan lainnya (4%). Dari sumber data laporan investigasi kecelakaan kapal yang telah dilakukan oleh KNKT, kegagalan evakuasi penumpang terjadi pada kapal yang terbakar/meledak dan kapal tenggelam. Prosentasi data tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2-2**.



Gambar 2-2 Rasio kecelakaan kapal yang di indentifikasi 2010- 2016 (Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2017)

2.2 Studi literatur evakuasi penumpang kapal di Indonesia

Studi tentang proses evakuasi penumpang di Indonesia pernah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya adalah:

- Penelitian yang membahas tentang resiko jalur evakuasi yang akan dilewati oleh penumpang apabila terjadi kecelakaan kapal, dimana analisa dilakukan terhadap desain *safety plan* kapal tersebut. Penelitian tersebut menggunakan bantuan software SFM (Social Force Modeling) dan descere event simulation ((Firdausi, Pitana, and Arta 2012).
- Penelitian yang membahas waktu evakuasi penumpang dengan studi kasus pada kapal KM. Kirana II. Dengan denah kapal serta inputan yang sesuai standar, apakah waktu evakuasi pada kapal tersebut sudah sesuai dengan aturan IMO MSC.1/Circ. 1238. Data inputan disesuaikan dengan standart Internasional ((Praditya, Pitana, and Priyanta 2004)
- Penelitian yang bertujuan untuk memberikan rekomendasi pembuatan *safety fire plan* pada studi kasus kapal yang akan dibangun oleh Dinas Perhubungan Darat. Analisis menggunakan bantuan software *pathfinder* 2011 dengan inputan sesuai dengan aturan IMO MSC.1/Circ. 1238 (Arfi, Pitana, and Prastowo 2007)

- Penelitian terkait evakuasi penumpang dalam keadaan darurat dengan mempertimbangkan perilaku ABK yang dilihat ketika simulasi keadaan darurat dan studi etnografi penumpang diatas kapal. Penelitian dilakukan pada penyebrangan yang menghubungkan Surabaya dan pulau Madura. Dari data studi lapangan didapatkan hasil bahwa kendala terbesar dari evakuasi adalah komunikasi, hal ini dikarenakan kebanyakan penumpang masih menggunakan bahasa daerah sebagai komunikasi sehari-hari dan kurang mengerti dengan bahasa Indonesia. Selain itu peletakan barang bawaan penumpang sering kali menghalangii jalur lewat penumpang lain (Hapsari, Wignjosoebroto, and Rahman 2013)
- Penelitian terkait waktu berjalan penumpang khususnya penumpang dengan karakteristik orang Indonesia yang berbeda dengan standar aturan IMO MSC.1/Circ. 1238, dimana yang masih menggunakan orang Amerika atau Eropa sebagai referensi kecepatan berjalan penumpang. Dari hasil analisa ditemukan bahwa kecepatan berjalan penumpang Indonesia lebih cepat daripada standar yang ada pada aturan IMO MSC.1/Circ. 1238, hal ini didukung dengan hasil simulasi menggunakan software *patfinder* 2015 (Pitana et al. 2017).

2.3 Proses Evakuasi Kapal Penumpang

Peraturan pemerintah No.1 Tahun 2008 tentang Pemeriksaan Kecelakaan Kapal membagi pemeriksaan kecelakaan kapal dalam 5 kategori, yaitu:

- a. Kapal tenggelam
- b. Kapal terbakar
- c. Kapal tubrukan
- d. Kecelakaan kapal yang mengakibatkan terancamnya jiwa manusia dan kerugian harta benda
- e. Kapal kandas

Pemeriksaan kecelakaan kapal terdiri dari pemeriksaan pendahuluan oleh Kesyahbandaran dan pemeriksaan lanjutan oleh Mahkamah Pelayaran. Sedangkan

pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran pasal 245 menyatakan bahwa: kecelakaan kapal merupakan kejadian yang dialami oleh kapal yang dapat mengancam keselamatan kapal dan/atau jiwa manusia berupa:

- a. Kapal tenggelam
- b. Kapal terbakar
- c. Kapal tubrukan
- d. Kapal Kandas

Prioritas dalam proses evakuasi kapal penumpang adalah keselamatan penumpang.

2.4 Skala LiKert

Skala likert adalah skala yang umum dipergunakan dalam pengambilan pendapat melalui angket atau kuesioner. Skala liker ditemukan oleh *Rensis Linkert* asal Amerika Serikat pada tahun 1932 dimana merupakan teknik yang digunakan untuk menilai perilaku dari manusia. Skala likert dipergunakan untuk mengukur sikap, pendapat dan presespsi seseorang terhadap sesuatu. Dengan menggunakan skala likert, variabel yang diukur dapat di jabarkan menjadi indikator. Skala likert dapat dipergunakan untuk mengukur tanggapan positif maupun negatif terhadap pernyataan. Pada umumnya skala likert menggunakan 4 (empat) skala dalam pengukurannya dan secara mendasar memaksa responden untuk memilih pilihan tersebut. Sebelum melakukan pengukuran, ada beberapa prosedur yang harus dilakukan terlebih dahulu oleh peneliti, yaitu:

1. Mengumpulkan data yang menjadi pernyataan dalam kuesioner.
2. Menyusun pernyataan sesuai urutan atau prioritas.
3. Menyebarkan kuesioner tersebut kepada responden terkait data yang akan diteliti.
4. Memberikan pilihan skala penilaian kepada responden agar dapat olah dan dianalisa.

5. Menjumlahkan skor yang didapat dari kuesioner yang telah diisi oleh responden.
6. Menganalisa respon untuk mengetahui item mana yang menjadi batasan antara skor tinggi dan skor rendah dalam skala total.

Sebelum dilakukan pengambilan data, jumlah sampel juga harus disesuaikan dan mewakili kebutuhan analisa. Sampel merupakan responden yang dipilih menggunakan pertimbangan tertentu sehingga mewakili mayoritas (populasi) responden dan pemilihan responden berdasarkan *probability sampling*. *Probabilitas sampling* adalah teknik pemilihan responden yang dirasa dapat mewakili populasi dan tidak melihat kedudukan data sampel. Sampel pada penelitian ini terdapat 3 golongan (umum, pendidikan dan pemerintah). Sedangkan untuk jumlah sampel yang tidak dapat diketahui jumlah populasi secara pasti maka dapat menggunakan *sample random sampling*. Dimana:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{e} \right)^2 \quad (2-1)$$

Dimana:

n : jumlah sampel minimal

Z : diperoleh dari tabel *confidence* tertentu, bisaanya berkisar 95% - 99%

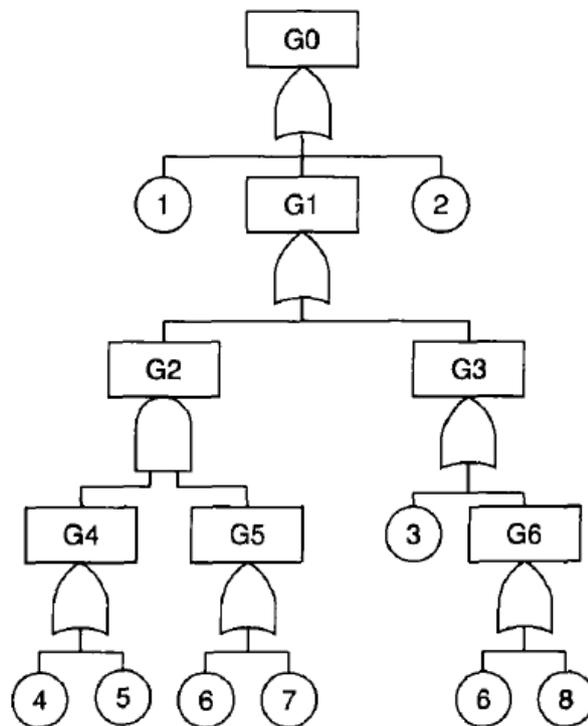
σ : standart deviasi

e : *error of estimate*. Kesalahan yang dapat ditoleransi

2.5 Fault Tree Analysis (FTA)

Kegagalan evakuasi merupakan kejadian yang sering terjadi di Indonesia khususnya pada evakuasi penumpang kapal, laporan investigasi serta rekomendasi telah banyak dikeluarkan oleh KNTK untuk menanggulangi hal tersebut. Namun

nyatanya setiap tahun meningkat jumlah kecelakaan armada di Indonesia. Oleh karena itu dalam penelitian ini dapat diketahui nilai dari probabilitas evakuasi penumpang kapal pada kondisi saat ini. Sehingga dapat menjadi pembelajaran serta penelitian selanjutnya. Untuk mencari faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan evakuasi, salah satu metode yang dapat dipergunakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini memfokuskan untuk mencari penyebab kegagalan dan tidak membahas tentang akibat yang akan ditimbulkan.

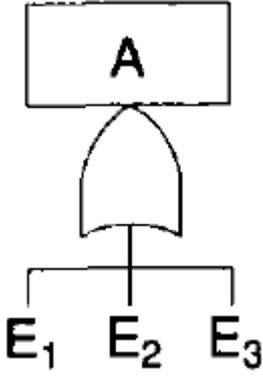
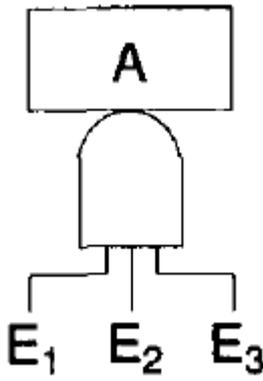
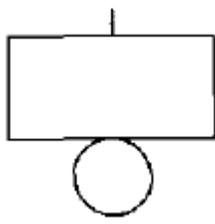


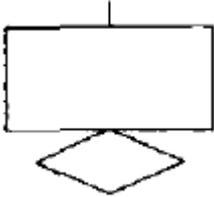
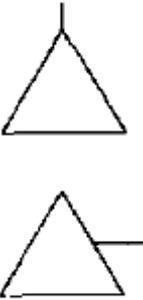
Gambar 2-3 Struktur *Fault Tree Analysis* (Rausan and Hoyland 2004)

Struktur FTA seperti tampak pada gambar diatas dapat dipergunakan untuk menentukan secara signifikan dari kesalahan dan kemungkinan mereka terjadi. Tindakan yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi serta mengontrol kejadian dapat ditingkatkan dengan mengukur *Fault Tree* dan melakukan Analisa numerik.

Dari gambar struktur *fault tree analysis* diatas, daam penggambarannya FTA memiliki symbol standar untuk memudahkan dalam proses Analisa. Simbol yang dipakai bisa dilihat pada table dibawah in.

Tabel 2-2 Simbol Standar Penggambaran FTA

| | Symbol standar | keterangan |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Logic Gates | <p>OR-Gate</p>  | Menunjukkan bahwa output event akan terjadi jika salah satu atau lebih input event ada/terjadi (exist) |
| | <p>AND-Gate</p>  | Menunjukkan bahwa output event akan terjadi jika dan hanya jika semua kejadian input event ada/terjadi (exist) |
| Input Events | <p>Basic Event</p>  | Menggambarkan suatu basic initiating fault yang tidak memerlukan pengembangan atau uraian lebih lanjut. |

| | | |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Undeveloped Event</p>  | <p>Suatu 'fault event' yang tidak diperiksa lebih lanjut karena keterbatasan informasi/ karena dianggap kurang penting.</p> |
| <p>Description</p> | <p>Comment Rectangle</p>  | <p>Suatu <i>Fault Tree</i> yang dihasilkan dari interaksi kejadian kegagalan lainnya yang disusun menggunakan 'logic gate'.</p> |
| <p>Transfer Symbol</p> | <p>Transfer</p>  | <p>Menunjukkan bahwa fault tree berhubungan lebih lanjut dengan fault tree di lembaran halaman lain.</p> |

Sumber: (Rausan and Hoyland 2004)

Pada *Fault Tree Analysis* (FTA) terdapat 5 tahapan untuk melakukan analisa, yaitu sebagai berikut:

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang ditinjau
2. Penggambaran model grafis *Fault Tree*

Penggambaran FTA dimaksudkan untuk mengetahui hubungan yang logis antara *basic event* dan *top event* yang telah ditentukan sebelumnya. Cara pembuatan FTA dimulai dari *top event*, kemudian ke *event* berikutnya sampai akhirnya ke *basic event*. Aturan dalam membuat FTA adalah:

- Mendeskripsikan fault event (kejadian gagal)
- Mengevaluasi fault event (kejadian gagal)
- Melengkapi semua gerbang logika (logical gate)

3. Mencari minimal cut set dari analisa *Fault Tree*

Sebuah *fault tree* memiliki kombinasi dari *fault tree* yang mengarah pada *critical failure system*. *Cut set* adalah kombinasi pembentukan pohon kesalahan yang mana bila semua terjadi akan menyebabkan peristiwa puncak terjadi. *Cut set* digunakan untuk mengevaluasi diagram pohon kesalahan dan diperoleh dengan menggambarkan garis melalui blok dalam sistem untuk menunjukkan jumlah minimum blok gagal yang menyebabkan seluruh sistem gagal.

4. Melakukan analisa kualitatif dari Fault Tree

Evaluasi kualitatif dari sebuah *fault tree* dapat dilakukan berdasarkan *minimal cut set*. Kekritisan dari sebuah cut set jelas tergantung pada jumlah basic event didalam *cut set* (orde dari *cut set*). Sebuah *cut set* dengan orde satu umumnya lebih kritis daripada sebuah cut set dengan orde dua atau lebih. Jika sebuah *fault tree* memiliki *cut set* orde satu, maka *top event* akan terjadi sesaat setelah *basic event* yang bersangkutan terjadi. Jika sebuah cut set memiliki *basic event*, kedua event ini harus terjadi secara serentak agar *top event* dapat terjadi.

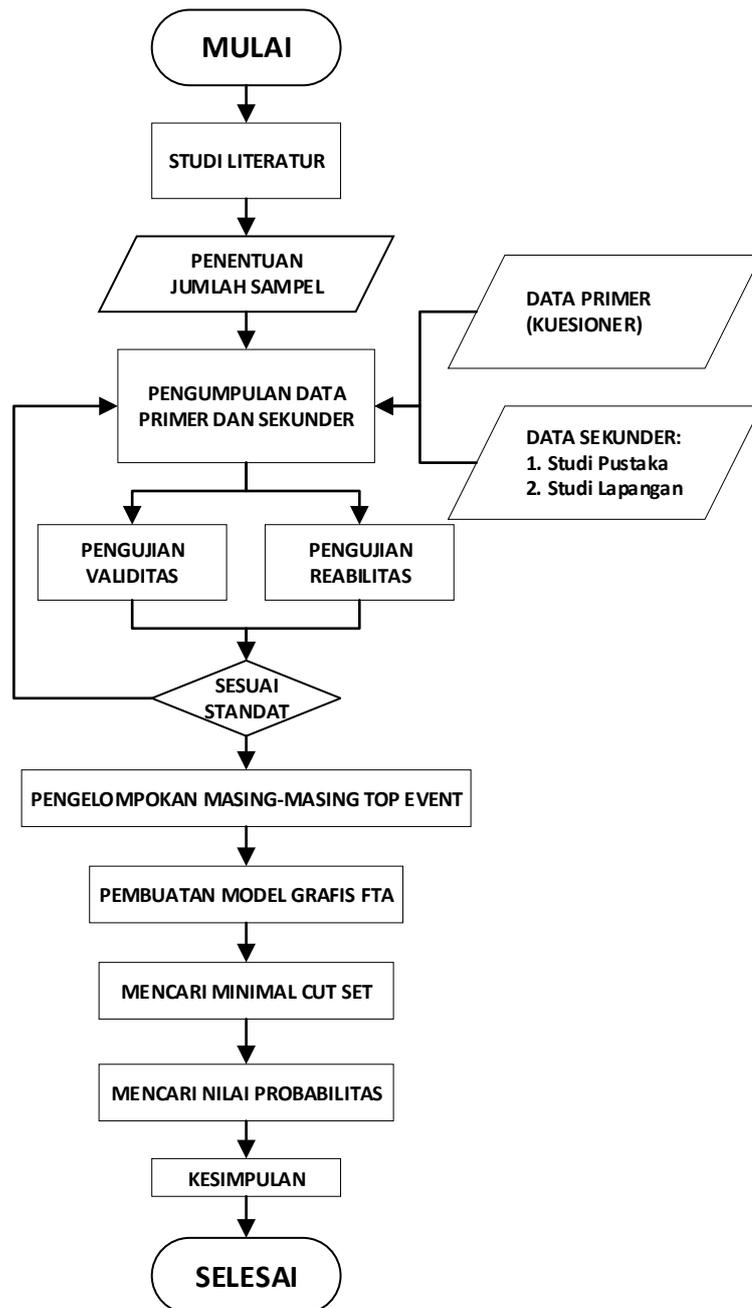
5. Melakukan analisa kuantitatif dari *Fault Tree*

Evaluasi kuantitatif *fault tree* yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan perhitungan langsung (*direct numerical approach*) yang bersifat *bottom-up approach*. Pendekatan numerik ini berawal dari level hirarki yang paling rendah dan mengkombinasikan semua probabilitas dari event yang ada pada level ini dengan menggunakan logic gate yang tepat dimana event ini dikaitkan. Kombinasi probabilitas ini akan memberikan nilai probabilitas dari intermediate event pada level hirarki diatasnya sampai *top event* dicapai.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Pada bab ini akan dibahas langkah kerja penelitian dan detail pengujian yang akan dikerjakan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3-1 Diagram alir penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis metode, yaitu: metode penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif. Penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisa suatu obyek permasalahan dan juga dalam penelitian ini menggunakan Teknik survei berupa kuesioner berdasarkan data dari onbyek penelitian. Subyek penelitian ini adalah menganalisa bagaimana terjadinya kegagalan pada evakuasi penumpang kapal menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), sedangkan obyek penelitiannya adalah penumpang pada kapal tipe penumpang.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan awal persiapan untuk membantu proses penelitian. Persiapan yang dilakukan dengan pengumpulan informasi yang dapat mendukung penelitian.

3.3 Penentuan Jumlah Sampel

Sampel merupakan responden yang dipilih menggunakan pertimbangan tertentu sehingga mewakili mayoritas (populasi) responden dan pemilihan responden berdasarkan *probability sampling*. *Probabilitas sampling* adalah teknik pemilihan responden yang dirasa dapat mewakili populasi dan tidak melihat kedudukan data sampel. Sampel pada penelitian ini terdapat 3 golongan (umum, pendidikan dan pemerintah). Sedangkan untuk jumlah sampel yang tidak dapat diketahui jumlah populasi secara pasti maka dapat menggunakan *sample random sampling*. Dimana:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{e} \right)^2 \quad (3-1)$$

Dimana:

n : jumlah sampel minimal

Z : diperoleh dari tabel *confidence* tertentu, bisaanya berkisar 95% - 99%

σ : standart deviasi

e : *error of estimate*. Kesalahan yang dapat ditoleransi

3.4 Pengumpulan Data

Kegiatan pengumplan data merupakan langkah awal yang dilakukan untuk menentukan arah penelitian yang akan dilakukan. Terdapat 2 (dua) metode pengumpulan data yang akan dilakukan pada penelitian ini:

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dan merupakan data yang akan dijadikan obyek penelitian. Dalam penelitian ini data primer dilakukan melalui penyebaran kuesioner baik itu tertulis maupun digital. Kuesioner berisi pertanyaan yang diberikan peneliti kepada reponden guna mendapatkan data dengan menjawab pertanyaan yang telah disusun sesuai dengan permasalahan dalam penelitian. Data yang didapatkan harus memiliki reabilitas dan validitas yang tinggi agar data tersebut bisa dikatakan valid.

3.4.2 Data Sekunder

Selain pengumpulan data primer melauai kuesioner, peneliti juga melakukan pengumpulan data sekunder. Dimana data seunder berupa studi kepustakaan yaitu materi-materi yang berhubungan dengan pengolahan data, selain itu data sekunder juga dilakukan melalui pengamatan lapangan.

3.5 Pengambilan Data

3.5.1 Kuesioner menggunakan Skala Likert

Pada penelitian ini menggunakan skala Likert. Skala Likert digunakan untuk mengatur pendapat dan presepsi agar sesuai dengan obyek penelitian. Dalam

Skala Likert, variabel yang akan diukur dijabarkan menjadi beberapa indikator variabel. Kemudian indikator tersebut dijadikan sebagai tolak ukur untuk menyusun pertanyaan atau pernyataan. Selain itu, responden diberikan pilihan jawaban berupa pernyataan dan akan diberi skor serti tabel dibawah.

Tabel 3-1 Skala Kuesioner

| PERNYATAAN | SKOR |
|-------------------------------|-------------|
| Sama Sekali Tidak Berpengaruh | 1 |
| Sangat Tidak Berpengaruh | 2 |
| Tidak Berpengaruh | 3 |
| Agak Tidak Berpengaruh | 4 |
| Sedikit Sekali Berpengaruh | 5 |
| Agak Berpengaruh | 6 |
| Lumayan Berpengaruh | 7 |
| Berpengaruh | 8 |
| Sangat Berpengaruh | 9 |
| Amat Sangat Berpengaruh | 10 |

3.5.2 Pengambilan Sampel

Sampel merupakan responden yang dipilih menggunakan pertimbangan tertentu sehingga mewakili mayoritas (populasi) responden dan pemilihan responden berdasarkan *probability sampling*. *Probabilitas sampling* adalah teknik pemilihan responden yang dirasa dapat mewakili populasi dan tidak melihat kedudukan data sampel. Sampel pada penelitian ini terdapat 3 golongan (umum, pendidikan dan pemerintah). Sedangkan untuk jumlah sampel yang tidak dapat diketahui jumlah populasi secara pasti maka dapat menggunakan *sample random sampling*. Dimana:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}\sigma}{e} \right)^2 \quad (3-2)$$

Dimana:

n : jumlah sampel minimal

Z : diperoleh dari tabel *confidence* tertentu, bisaanya berkisar 95% - 99%

σ : standart deviasi

e : *error of estimate*. Kesalahan yang dapat ditoleransi

3.5.3 Metode Penyebaran Kuesioner

Metode penyebaran kuesioner dilakukan melalui media digital yaitu *google form* dan penyebaran dilakukan tidak terbatas kepada masyarakat umum khususnya pengguna jasa pelayaran angket secara langsung terutama kepada pengguna jasa pelayaran. Penyerahan angket dilakukan di atas kapal penyebrangan dengan mempertimbangkan jadwal keberangkatan kapal. Selain itu dilakukan diberikan secara langsung agar angket diisi dengan lengkap dan mengantisipasi apabila responden memiliki pertanyaan.

3.6 Pengujian Hasil Olah Data

3.6.1 Uji Validitas

Validitas digunakan untuk mengkorelasikan masing – masing skor variabel dengan jumlah skor variabel, bila mempunyai hubungan yang signifikan dengan totalnya maka variabel tersebut valid. Sedang apabila ada salah satu variabel yang tidak mempunyai hubungan dengan totalnya, maka variabel tersebut tidak valid dan harus dikeluarkan dari item pertanyaan kuesioner. Data dikatakan valid apabila nilai *sig (2-tailed)* dari data tersebut $< 0,05$. Pengujian validitas data menggunakan *software SPSS*.

3.6.2 Uji Reliabilitas

Keandalan suatu pengukuran menunjukkan sejauh mana pengukuran tersebut tanpa kesalahan. Hal ini dikarenakan keandalan suatu pengukuran merupakan indikasi terkait stabilitas dan konsistensi sehingga dapat membantu

menilai ketepatan sebuah pengukuran. Dalam penelitian ini, pengujian reliabilitas yang digunakan adalah *Cronbach's Alpha*. Data dikatakan reliabel apabila nilai angka *Cronbach Akpha* $> 0,7$. Pengujian reliabilitas menggunakan *software* SPSS.

3.7 Pengolahan Data

Data yang diperoleh sudah dinyatakan sudah valid dan reliabel dan cukup untuk melakukan identifikasi terkait kegagalan evakuasi, maka dilakukan pengolahan data berdasarkan masalah yang dibahas.

3.7.1 Menyusun Grafis FTA

Data yang telah diperoleh akan diidentifikasi dan diterjemahkan kedalam grafis FTA agar memudahkan dalam proses analisa. Dimana langkah-langkah dalam pembuatan grafis FTA adalah:

1. Mengidentifikasi objek FTA yang ingin diteliti
2. Mengidentifikasi *top event* untuk FTA
3. Menyusun struktur pohon (jejaring pohon)

3.7.2 Analisa kombinasi faktor-faktor kegagalan evakuasi

Setelah membuat model grafis FTA dan mendapat faktor utama penyebab kegagalan evakuasi, langkah selanjutnya adalah melakukan analisa dengan mengkombinasikan faktor-faktor kegagalan dengan menggunakan *minimal cut set*. Dengan metode tersebut akan didapatkan *basic event* guna mendapatkan nilai probabilitas.

3.8 Analisa Data

Dari data yang diperoleh, maka akan dilakukan analisa dan pembahasan. Diantaranya:

1. Menganalisa item yang memiliki nilai paling tinggi dan mempengaruhi proses evakuasi

2. Membuat gambar model grafis FTA kegagalan evakuasi guna mencari faktor yang paling dominan.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir penelitian dibutuhkan analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan. Dengan adanya kesimpulan dari penelitian maka dapat disusun saran yang berguna bagi penurunan kegagalan evakuasi dan berguna bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

“Halaman sengaja dikosongkan”

4.2 Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan pengumpulan data, jumlah minimal responden harus terpenuhi. Penentuan banyaknya jumlah sampel yang akan dipergunakan pada penelitian ini menggunakan metode pengambilan non acak dengan cara *judgement sampling*. Jumlah sampel responden yang dibutuhkan untuk analisa ditentukan menggunakan rumus uji kecukupan data (4-1), sedangkan untuk jumlah sampel yang tidak dapat diketahui jumlah populasi secara pasti maka dapat menggunakan *sample random sampling*. Untuk perhitungan jumlah sampel dapat dilihat pada rumus dibawah:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}\sigma}{e} \right)^2 \quad (4-1)$$

Dimana:

n : jumlah sampel minimal

Z : diperoleh dari tabel *confidence* tertentu, bisaanya berkisar 95% - 99%

σ : standart deviasi

e : *error of estimate*. Kesalahan yang dapat ditoleransi

Dalam penelitian ini nilai σ tidak diketahui, dapat mempergunakan s dari sample sebelumnya (untuk $n \geq 30$) yang memberikan estimasi terhadap σ . Karena tidak ada data atau tidak ada sampel pada penelitian sebelumnya, dapat digantikan dengan 0,25. Nilai tersebut diambil dari perkalian antara 0,5 x 0,5.

Dengan rumus yang ada, maka jumlah sampel minimal adalah:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}\sigma}{e} \right)^2 = \left(\frac{(1,96) * (0,25)}{0,05} \right)^2 = 96,04 = 97$$

Dimana:

Z : Misalkan kita menggunakan interval kepercayaan 95%.

$Z_{\alpha/2}$ berarti ($0,95 : 2 = 0,475$).

Lihat nilai dalam tabel Z yang mendekati 0,475. Sehingga diperoleh nilai $Z_{\alpha/2} = 1,96$. (lampiran)

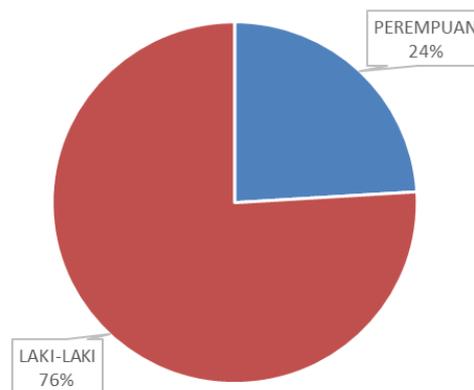
σ : standart deviasi

e : *error of estimate* sebesar 0,05

Dari perhitungan diatas dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% maka jumlah minimal sampel adalah 97 sample. Dan didalam penelitian ini jumlah responden yang terkumpul adalah 183 responden. Dari perolehan jumlah respnden maka jumlah sampel yang dipergunakan dalam penelitian ini sudah sesuai dengan standart minimal pengambilan sample, sehingga penelitian dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

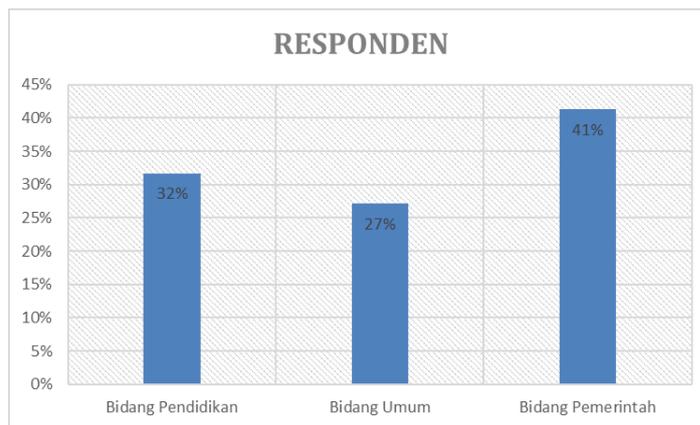
4.3 Perolehan Data Kuesioner

Data yang diperoleh dari kuesioner akan dikelompokkan sesuai dengan bagian masing-masing agar mempermudah proses pengolahan data selanjutnya. Jumlah responden pada pengumpulan kuesioner sudah memenuhi jumlah 183 responden. Sehingga pengumpulan data bisa dikatakan memenuhi standar jumlah.



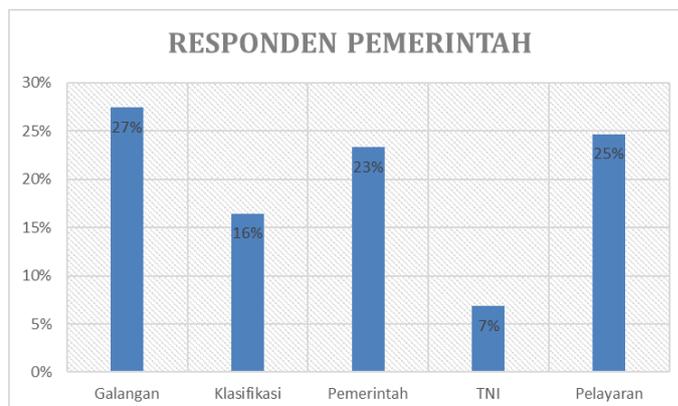
Gambar 4-2 Jenis Kelamin Responden

Jumlah responden yang terkumpul sebanyak 183 responden yang terdiri dari 24% responden perempuan dan 76% responden laki-laki lihat gambar **Gambar 4-2**. Dari keseluruhan responden yang diberi kuisisioner dibagi menjadi beberapa kelompok antara lain; bidang pendidikan 32% (dosen dan mahasiswa), bidang umum 27% (masyarakat atau pengguna jasa pelayaran) dan bidang pemerintah 41% pada **Gambar 4-3**.



Gambar 4-3 Responden

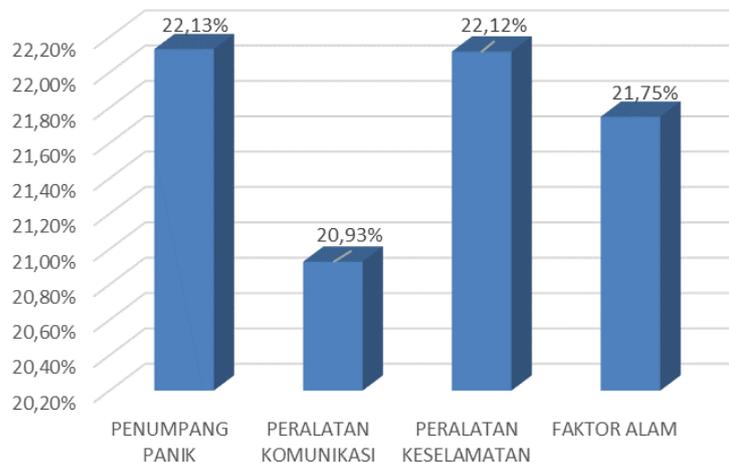
Gambar 4-4 dibawah menunjukkan detail responden yang bekerja dibidang yang mengetahui tentang evakuasi khususnya kapal penumpang. Dimana terdapat sekitar 27% responden bekerja di galangan, 16% bekerja di pusat klasifikasi (*rules/class*), 23% bekerja di bidang pemerintahan, 7% merupakan TNI AL (Angkatan Laut) dan 25% bekerja pada bidang angkutan dan jasa pelayaran.



Gambar 4-4 Responden Bidang Pemerintahan

4.3.1 Kegagalan Evakuasi

Dari hasil penyebaran kuesioner, didapatkan data penyebab kegagalan evakuasi. Dari data respon pada **Gambar 4-5** didapat nilai untuk masing-masing kejadian, diantaranya: penumpang panik (22,13%), peralatan komunikasi (20,93%), peralatan keselamatan (22,12%) dan faktor alam (21,75%). Dari semua kejadian, faktor yang paling utama yang dapat mempengaruhi evakuasi terbesar adalah penumpang panik dan peralatan keselamatan. Untuk detail dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

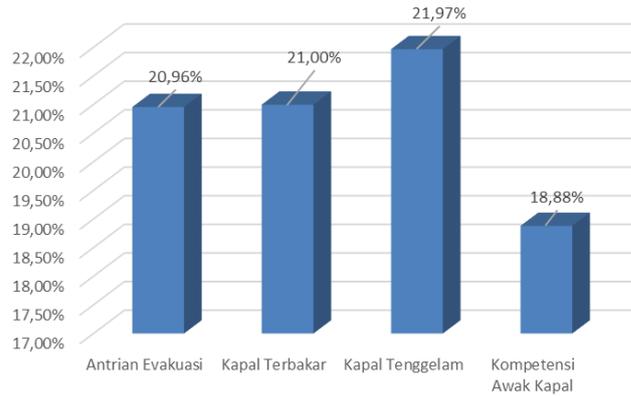


Gambar 4-5 Kegagalan Evakuasi

Dari gambar grafik diatas, penyebab kegagalan evakuasi bersumber dari banyak faktor baik yang dominan maupun yang tidak dominan. Dari pembagian kuesioner didapatkan nilai detail untuk setiap bagian yang mendasari kegagalan evakuasi. Dimana dalam identifikasi hazard dan kuesioner penyebab kegagalan evakuasi ada 20 (dua puluh) kejadian yang menjadi dasar terjadinya kegagalan evakuai. Data identifikasi *hazard* diperoleh dari laporan investigasi yang dilakukan KNKT mulai dari tahun 2010-2018, dari laporan tersebut disusun sedemikian rupa agar dapat dianalisa kemuan.

4.3.2 Penumpang Panik

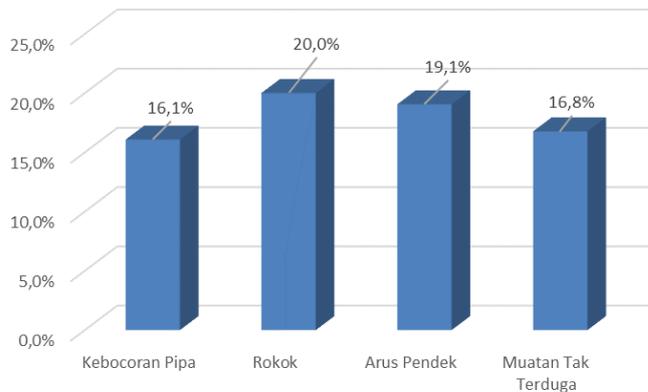
Dari hasil penyebaran kuesioner, didapatkan nilai dari penyebab penumpang panik. Penyebab penumpang panik didefinisikan menjadi 4 (empat) bagian utama, yaitu: antrian evakuasi (20,96%), kapal terbakar (21%), kapa tenggelam (21,97%) dan kompetensi Awak Kapal (18,88%) pada **Gambar 4-6**.



Gambar 4-6 Penumpang Panik

4.3.2.1 Kapal Terbakar

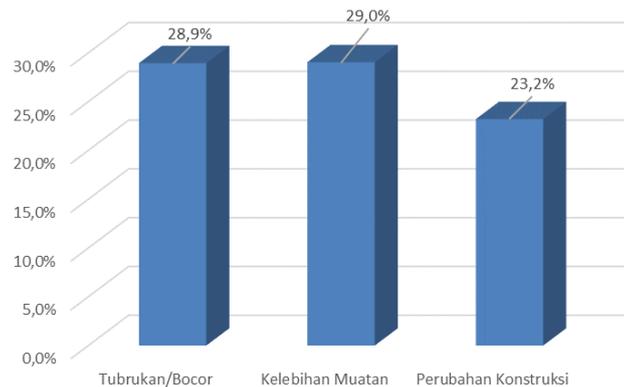
Dari hasil kuesioner didapatkan nilai dari penyebab kebakaran atau ledakan pada **Gambar 4-7** umumnya disebabkan karena kebocoran gas (16,1%), rokok (20%), arus pendek atau konsleting (19,1%) dan muatan tak terduga (16,8%). Dari perolehan data responden nilai terbesar penyebab kapal terbakar adalah rokok sebesar 20%, namun hal ini masih sedikit berdekatan dengan arus pendek atau konsleting sebesar 19,1%.



Gambar 4-7 Kapal Terbakar

4.3.2.2 Kapal Tenggelam

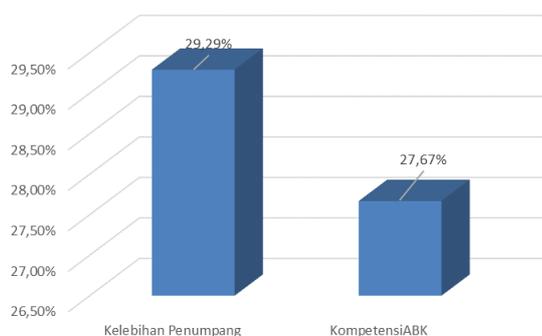
Dari hasil kuesioner didapatkan nilai penyebab kapal tenggelam pada **Gambar 4-8** umumnya adalah: tubrukan/bocor (28,9%), kelebihan muatan (29%) dan perubahan konstruksi (23,2%). Dari data tersebut penyebab kapal tenggelam pada umumnya disebabkan karena kelebihan muatan 29% dan tubrukan/bocor 28,9 %.



Gambar 4-8 Kapal tenggelam

4.3.2.3 Antrian Evakuasi

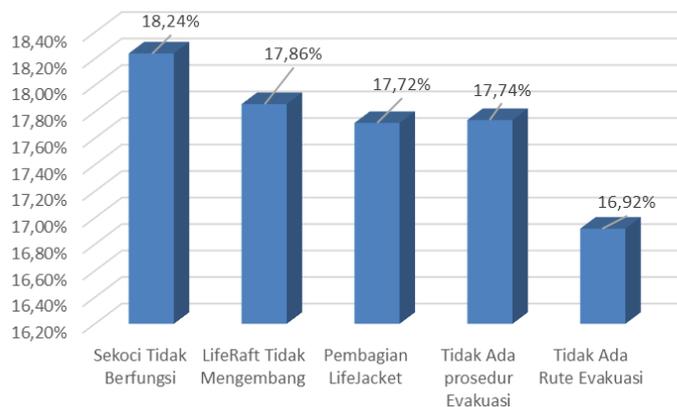
Selain karena kapal terbakar dan kapal tenggelam, penyebab penumpang panik (**Gambar 4-9**) adalah karena kelebihan penumpang (29,29%) dan kompetensi awak kapal (27,67%). Kelebihan penumpang akan berdampak pada penumpukan penumpang ketika akan dievakuasi, hal inilah nantinya yang akan menyebabkan penumpang yang lain panik akibat berdesakan. Selain itu kompetensi awak kapal terkait pemahaman kondisi darurat serta tugas dan tanggung jawab awak kapal ketika keadaan darurat menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan evakuasi penumpang.



Gambar 4-9 Antrian Evakuasi

4.3.3 Peralatan Keselamatan

Peralatan keselamatan selalu berkaitan dengan keselamatan penumpang khususnya ketika keadaan darurat terjadi. Dari hasil kuesioner diperoleh penilaian terhadap masing-masing yang berhubungan dengan peralatan keselamatan yang akan berdampak pada kegagalan evakuasi seperti pada gambar **Gambar 4-10**. Diantaranya adalah: sekoci tidak berfungsi (18,24%), *liferaft* tidak mengembang (17,86%), pembagian *lifejacket* yang terbengkalai (17,72%), tidak ada prosedur evakuasi (17,7%) dan tidak adanya penunjuk rute evakuasi (16,92%). Dari data tersebut nilai terbesar adalah terkait dengan sekoci keselamatan yang tidak dapat berfungsi ketika keadaan darurat. Selai itu *liferaft* yang berfungsi sebagai pengganti sekoci apabila tidak berfungsi juga akan mempengaruhi kegagalan evakuasi penumpang.

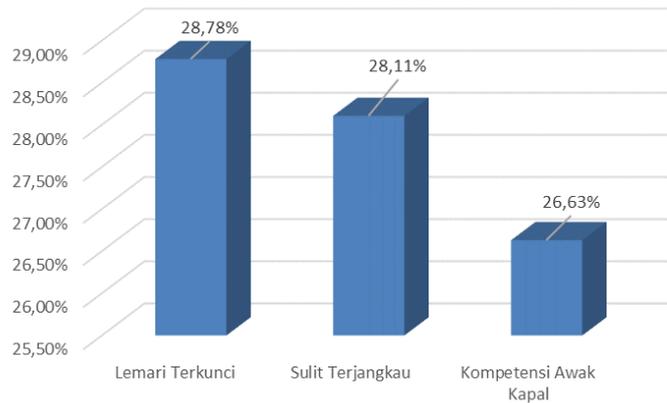


Gambar 4-10 Peralatan Keselamatan

4.3.3.1 Pembagian LifeJacket Terbengkalai

Pembagian *lifejacket* dapat terbengkalai apabila terjadi beberapa hal seperti yang didapatkan dalam kuesioner yang ditampilkkan pada **Gambar 4-11** diperoleh nilai: lemari penyimpanan yang terkunci (28,78%), sulit terjangkaunya posisi penyimpanan leife jacket (28,11%) dan kompetensi awak kapal terkait pendistribusian *lifejacket* 26,63%). Dari ketika faktor yang paling dominan adalah akibat terkuncinya ruang penyimpanan atau lemari *lifejacket*, hal seperti ini sering kita jumpai di atas kapal khususnya penumpang. Penyimpanan life jacket bisaanya

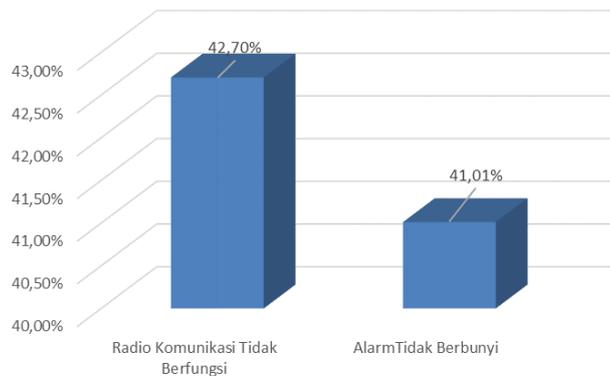
memang dalam kondisi terkunci, hal ini dikarenakan sering hilangnya akibat diambil oleh penumpang. Sehingga pengamanan penyimpanan *lifejacket* dilakukan oleh awak kapal. Selain itu life jacket harus sering diperiksa secara berkawal, hal ini berkaitan dengan kualitas dan daya tahan *lifejacket* yang menurun seiring waktu. Sehingga diperlukan inspeksi rutin dan pergantian baru apabila terjadi kerusakan.



Gambar 4-11 Pembagian LifeJacket Terbengkalai

4.3.4 Peralatan Komunikasi

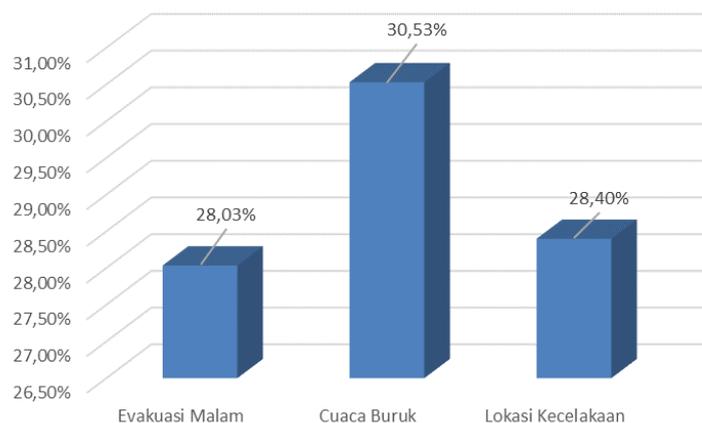
Peralatan komunikasi yang sering dipergunakan dalam keadaan darurat adalah alarm dan radio komunikasi. Penyebab kegagalan evakuasi akibat peralatan komunikasi seperti pada **Gambar 4-12** adalah: radio komunikasi tidak berfungsi (42,7%) dan alarm yang tidak berbunyi ketika keadaan darurat (41,01%).



Gambar 4-12 Peralatan Komunikasi

4.3.5 Faktor Alam

Faktor alam pada **Gambar 4-13** memiliki nilai paling tinggi dari keseluruhan, khususnya cuaca buruk. Hal ini dikarenakan tidak bisa dihindarkannya faktor alam baik dalam proses evakuasi maupun yang lainnya. Dari data kuesioner perolehan nilai masing-masing faktor alam yang mempengaruhi evakuasi penumpang adalah: evakuasi ketika malam hari (28,03%), cuaca buruk (30,53%) dan lokasi terjadinya kecelakaan (28,40%) dari hasil ini membuktikan bahwa menurut respondenn menyatakan bahawa cuaca buruk mempengaruhi kegagalan evakuasi penumpang ketika keadaan darurat. Penanganan yang bisa dilakukan adalah dengan menghindari daerah yang rawan dan mengindahkan prakiraan cuaca yang telah dikeluarkan oleh Lembaga terkait.



Gambar 4-13 Faktor Alam

4.4 Pengujian Hasil Olah Data

4.4.1 Uji Validitas

Setelah proses pengambilan data melalui kuesioner selesai, maka dilakukan pengujian validitas. Pengujian validitas menggunakan bantuan *software* SPSS. Validitas dilakukan untuk mengetahui apakah kuesioner penelitian dapat mengukur apa yang seharusnya. Dengan menggunakan masukan yang valid dalam pengumpulan data, maka diharapkan penelitian ini menjadi valid.

Dari hasil pengujian, pada **Tabel 2-1** nilai Sig (2-tailed) <0,05 sehingga data yang dikumpulkan sesuai dengan teori atau valid, data lebih detail dapat dilihat pada lampiran uji validitas

Tabel 4-1 Hasil Uji Validitas

| RESPONDEN | PENUMPANG PANIK | ANTRIAN EVAKUASI | KAPAL TERBAKAR | KAPAL TENGGELAM | RUJUTE EVAKUASI | CUACA BURUK | LOKASI KECELAKAAN | BUNYI ALARM |
|-----------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|
| 1 | 10 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 | 6 | 9 |
| 2 | 8 | 7 | 10 | 10 | 8 | 8 | 7 | 8 |
| 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| 4 | 10 | 10 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| s/d | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 180 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 |
| 181 | 7 | 9 | 10 | 10 | 7 | 9 | 7 | 9 |
| 182 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 183 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Sig (2-tailed) | 3,3E09 | 1,7E16 | 5,5E11 | 2,3E07 | 3,9E21 | 2,2E14 | 1,6E12 | 4,8E20 |
| Keterangan | valid | valid | valid | valid | valid | valid | valid | valid |

Uji Reliabilitas

Setelah dilakukan uji validitas, langkah selanjutnya adalah dilakukan uji reabilitas. Reabilitas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana jawaban dari kuesioner tersebut konsisten dari waktu ke waktu. Sehingga diharapkan hasil dari uji dari reliabilitas menjadikan data penelitian menjadi reliabel. Untuk perhitungan uji reliabilitas menggunakan bantuan *software* SPSS pada **Gambar 4-14** dengan memasukkan inputan sesuai dengan teori .

Hasil uji reliabilitas memiliki beberapa kategori:

- $0,80 < r_{11} < 1,00$ reliabilitas sangat tinggi
- $0,60 < r_{11} < 0,80$ reliabilitas tinggi
- $0,40 < r_{11} < 0,60$ reliabilitas sedang

- $0,20 < r_{11} < 0,40$ reliabilitas rendah.
- $-1,00 < r_{11} < 0,20$ reliabilitas sangat rendah (tidak reliable)

Case Processing Summary

| | | N | % |
|-------|-----------------------|-----|-------|
| Cases | Valid | 183 | 100.0 |
| | Excluded ^a | 0 | .0 |
| | Total | 183 | 100.0 |

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

| Cronbach's Alpha | N of Items |
|------------------|------------|
| .745 | 31 |

Gambar 4-14 Hasil Output SPSS Pengujian Reliabilitas

Mengacu pada hasil pengujian dan standar nilai reliabilitas yang didapatkan adalah sebesar 0,745, maka data yang dikumpulkan pada penelitian ini bisa dikatakan bersifat reliabilitas tinggi karena memiliki nilai $> 0,60$.

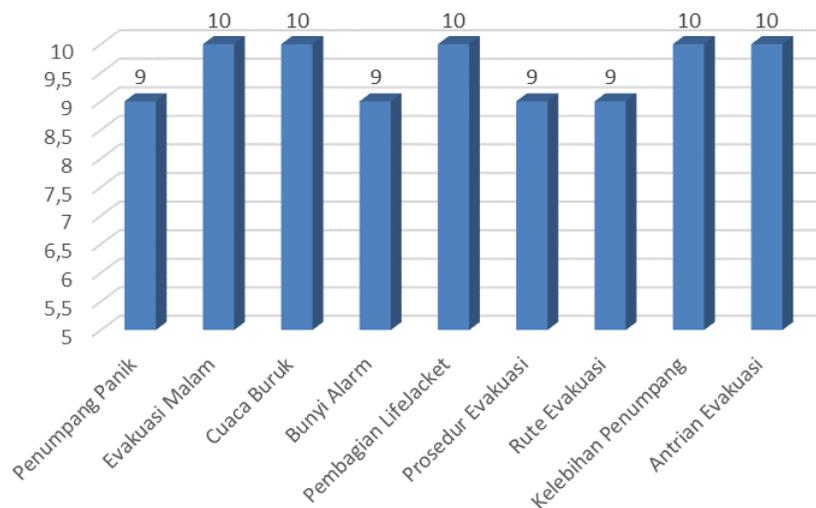
4.5 Validasi Data Kuesioner dari *Expert*

Setelah dilakukan pengambilan data dan pengolahan data mulai dari pengujian validitas dan reliabilitas sehingga didapatkan hasil data yang valid dan reliabel guna diolah selanjutnya. Selanjutnya data akan diajukan kepada *expert*, dimana dalam penelitian kali ini *expert* adalah dari Lembaga Komite Nasional Keselamatan Transportasi. Dalam kesempatan ini *expert* juga melakukan pengisian kuesioner terkait kegagalan evakuasi yang telah *publish* via media elektronik berupa *google form*. Table dibawah ini merupakan hasil pengisian dari *expert* pada form kuesioner.

Tabel 4-2 Pengisian Kuesioner oleh *Expert*

| NO | EVENT | EXPERT | MAKS | % |
|-----------|--------------------------------------------|---------------|-------------|----------|
| 1 | KEGAGALAN EVAKUASI | | | |
| 1.A | Penumpang Panik | 9 | 10 | 90% |
| 1.B | Peralatan Komunikasi | 8 | 10 | 80% |
| 1.C | Peralatan Keselamatan | 9 | 10 | 90% |
| 1.D | Faktor Alam | 9 | 10 | 90% |
| 2 | PERALATAN KOMUNIKASI | | | |
| 2.A | Radio Komunikasi Tidak Berfungsi | 7 | 10 | 70% |
| 2.B | Alarm Tidak Berbunyi | 9 | 10 | 90% |
| 3 | FAKTOR ALAM | | | |
| 3.A | Evakuasi Malam | 10 | 10 | 100% |
| 3.B | Cuaca Buruk | 10 | 10 | 100% |
| 3.C | Lokasi Kecelakaan | 6 | 10 | 60% |
| 4 | PERALATAN KESELAMATAN | | | |
| 4.A | Sekoci Tidak Berfungsi | 9 | 10 | 90% |
| 4.B | <i>LifeRaft</i> Tidak Mengembang | 8 | 10 | 80% |
| 4.C | Pembagian <i>LifeJacket</i> | 10 | 10 | 100% |
| 4.D | Tidak Ada Prosedur Evakuasi | 9 | 10 | 90% |
| 4.E | Tidak Ada Rute Evakuasi | 9 | 10 | 90% |
| 5 | PEMBAGIAN LIFE JACKET TERBENGAKALAI | | | |
| 5.A | Lemari Terkunci | 8 | 10 | 80% |
| 5.B | Sulit Terjangkau | 7 | 10 | 70% |
| 5.C | Kompetensi Awak Kapal | 9 | 10 | 90% |
| 6 | ANTRIAN EVAKUASI | | | |
| 6.A | Kelebihan Penumpang | 10 | 10 | 100% |
| 6.B | Kompetensi ABK | 9 | 10 | 90% |
| 7 | PENUMPANG PANIK | | | |
| 7.A | Antrian Evakuasi | 10 | 10 | 100% |
| 7.B | Kapal Terbakar | 9 | 10 | 90% |
| 7.C | Kapal Tenggelam | 9 | 10 | 90% |
| 7.D | Kompetensi Awak Kapal | 7 | 10 | 70% |
| 8 | KAPAL TERBAKAR | | | |
| 8.A | Kebocoran Pipa | 3 | 10 | 30% |
| 8.B | Rokok | 7 | 10 | 70% |
| 8.C | Arus Pendek | 3 | 10 | 30% |
| 8.D | Muatan Tak Terduga | 10 | 10 | 100% |
| 9 | KAPAL TENGGELAM | | | |
| 9.A | Tubrukan/Bocor | 6 | 10 | 60% |
| 9.B | Kelebihan Muatan | 10 | 10 | 100% |
| 9.C | Perubahan Konstruksi | 8 | 10 | 80% |

Dari pengisian data yang dilakukan oleh *expert* terdapat beberapa penyebab kegagalan evakuasi secara dominan antara lain: evakuasi malam (10), cuaca buruk (10) pebagian *lifejacket* (10), kelebihan penumpang (10) dan antrian selama evakuasi (10). Selain dari hasil kuesioner yang diisi oleh *expert* peneliti juga sempat berdiskusi dengan *expert* terkait kegagalan dan juga terkait *marine accident* dan *investigation*.



Gambar 4-15 Penyebab Kegagalan Evakuasi Menurut *Expert*

4.6 Pengolahan Data

Data yang sudah didapatkan akan disusun kedalam grafis *Fault Tree Analysis* (FTA) dan akan dicari berapa nilai probabilitas dari data yang didapat dari kuesioner. Selanjutnya adalah mencari *minimal cut set* yang terjadi pada *event* evakuasi penumpang.

Dari hasil perolehan data dan telah melalui tahapan pengujian validitas dan reliabilitas, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan model grafis FTA. Dalam Penelitian ini ditentukan 1 (satu) *top event* adalah kegagalan evakuai penumpang. Dari *top event* tersebut akan dibuat model grafis FTA dengan simbol-simbol yang telah dijelaskan pada bab 2 yang menyatakan kejadian yang muncul yang mengakibatkan terjadinya *top event* dari kegagalan evakuasi. Kejadian yang menjadi penyebab kegagalan evakuasi akan diteliti lebih lanjut sampai ke penyebab

kejadian dasar. Pembuatan runtutan penyebab kejadian harus sesuai aturan dalam pembuatan model grafis FTA, hal ini bertujuan agar tidak terjadi kesalahan pada hasil analisa.

Setelah mendapatkan data kejadian yang mengakibatkan kegagalan evakuasi dari responden yang jumlahnya sudah melebihi batas standar, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan analisa dengan langkah awal adalah pembuatan model grafis FTA. Hasil model grafis FTA dapat dilihat pada gambar dibawah. Pada model grafis FTA disertakan penamaan event yang nantinya akan dilakukan analisa. Penamaan tidak ada ketentuan khusus, asalkan jelas dan berbeda dalam penamaan.

4.6.1 Kegagalan Evakuasi

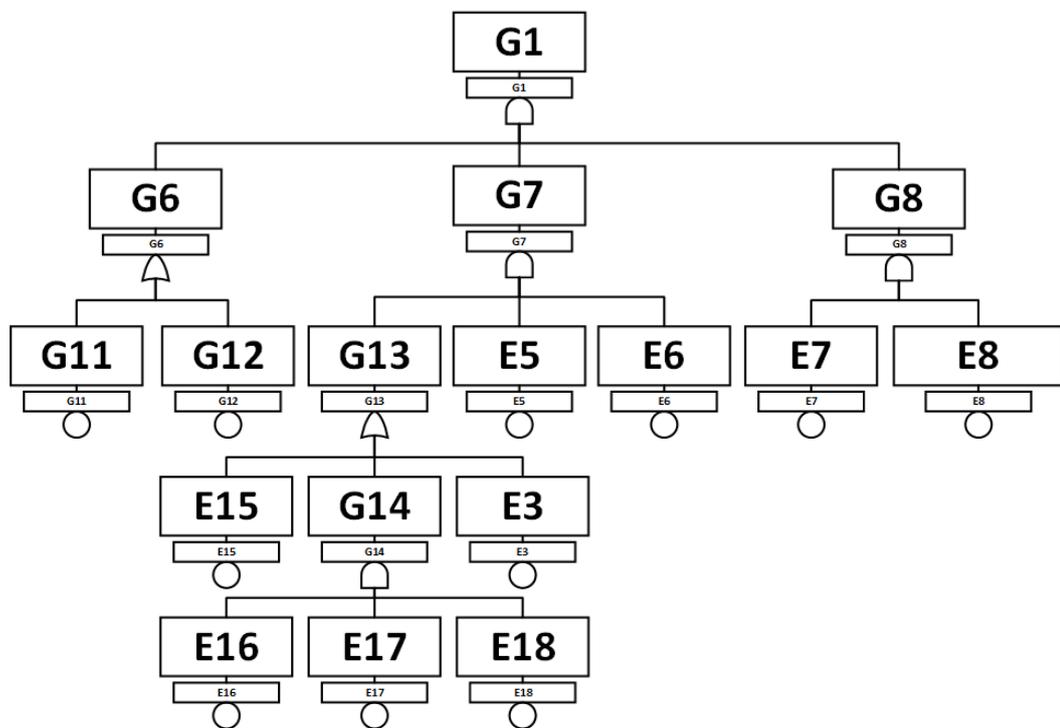
Kegagalan evakuasi saat keadaan darurat dikarenakan banyak faktor. Faktor tersebut didapatkan dari hasil oleh data dan analisa dari laporan investigasi KNKT pada beberapa kecelakaan kapal di Indonesia mulai tahun 2003 sampai 2018. Faktor tersebut diantaranya adalah diantaranya adalah: (1) keadaan darurat (kapal terbakar/tenggelam), (2) tidak adanya *emergency exit* atau pintu keluar yang terhalang, (3) terbengkalainya pembagian *life jacket*, (4) evakuasi pada malam hari, (5) radio komunikasi keluar kapal dan *public addressor* yang tidak berfungsi, (6) lokasi terjadinya kecelakaan kapal, (7) penumpang panik, dan (8) kompetensi awak kapal dalam penanganan keselamatan dan kondisi darurat seperti pada **Gambar 4-16**. Dari semua faktor tersebut akan dibuat grafis FTA agar memudahkan dalam proses analisa serta penjabaran penyebab dari faktor tersebut.

Kegagalan evakuasi salah satunya penyebabnya dikarenakan kurangnya kompetensi awak kapal, terutama yang berkaitan dengan kondisi darurat. Berdasarkan data investigasi KNKT sebagian besar awak kapal tidak mempunyai sertifikat keterampilan BTS (*Basic Safety Training*) dan tidak pernah mengikuti pelatihan tentang keselamatan dan penanganan kondisi darurat.

Kegagalan evakuasi dibagi menjadi 4 *event* kejadian dimana masing-masing *event* memiliki faktor yang berbeda namun saling berkaitan dalam penyebab kegagalan evakuasi. Keadaan darurat pada kegagalan evakuasi terdapat 2 kejadian yaitu kapal tenggelam dan kapal terbakar.

4.6.1.1 Kegagalan Evakuasi Even 01

Kegagalan Evakuasi pada event 01 terdapat 3 (tiga) kejadian yang menjadi pemicu kegagalan evakuasi: (1) keadaan darurat, (2) penumpang panik dan (3) kompetensi awak kapal terkait pengetahuan kondisi darurat.



Gambar 4-17 Kegagalan Evakuasi Event 01

Setelah digambarkan model gafis FTA untuk kegagalan evakuasi pada event 01, maka akan dicari minimal *cut set* dari model grafis FTA yang telah dibuat. Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan 12 *minimal cut set* dengan order minimal adalah 5 dengan jumlah 8. Untuk kegagalan evakuasi event 01 seperti yang ditampilkan pada **Tabel 4-3**, dari total *minimal cut set* yang didapatkan.

Tabel 4-3 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 01

| No | Minimal Cut Set | Order | Unavailability | Contribution |
|----|--------------------------|-------|----------------|--------------|
| 1 | E5.E6.E7.E15.G11 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 2 | E5.E6.E8.E15.G11 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 3 | E3.E5.E6.E7.G11 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 4 | E3.E5.E6.E8.G11 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 5 | E5.E6.E7.E15.G12 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 6 | E5.E6.E8.E15.G12 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 7 | E3.E5.E6.E7.G12 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 8 | E3.E5.E6.E8.G12 | 5 | 1,00E-15 | 0,12500 |
| 9 | E5.E6.E7.E16.E17.E18.G11 | 7 | 1,00E-21 | 1,25E-07 |
| 10 | E5.E6.E8.E16.E17.E18.G11 | 7 | 1,00E-21 | 1,25E-07 |
| 11 | E5.E6.E7.E16.E17.E18.G12 | 7 | 1,00E-21 | 1,25E-07 |
| 12 | E5.E6.E8.E16.E17.E18.G12 | 7 | 1,00E-21 | 1,25E-07 |

Dari tabel *minimal cut set* diatas, terdapat *event* yang memiliki kode penamaan, keterangan penamaan pada tiap *event* dapat dilihat pada **Tabel 4-4**.

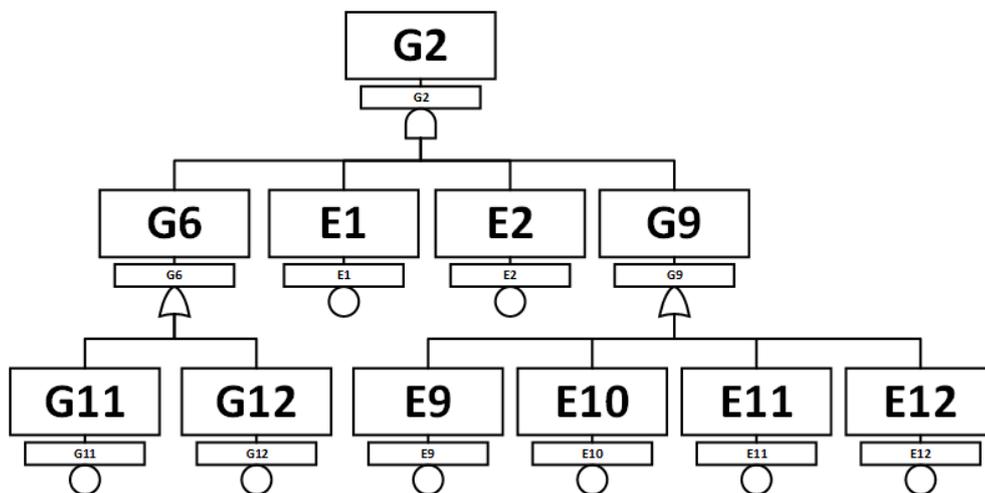
Tabel 4-4 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Even 01

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|---------------|-----------------------------|
| G1 | KEGAGALAN EVAKUASI EVENT 01 |
| G6 | Keadaan Darurat |
| G7 | Penumpang Panik |
| G8 | Kompetensi ABK |
| G11 | Kapal Tenggelam |
| G12 | Kapal Tenggelam |
| G13 | Berdasarkan Ketika Evakuasi |
| G14 | Kelebihan Penumpang |
| E3 | Emergency Exit |

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|---------------|--------------------------------------------------|
| E5 | Mendengarkan Alarm/ Pemberitahuan |
| E6 | Melihat Keadaan Kapal (Miring /Asap /Api) |
| E7 | Tidak Memiliki Setifikat Keterampilan BTS |
| E8 | Tidak Pernah Mengikuti Pelatihan Keadaan Darurat |
| E15 | Distribusi Penumpang |
| E16 | Permintaan Meningkatkan |
| E17 | Peningkatan Pendapatan |
| E18 | Keterbatasan Pelayanan |

4.6.1.2 Kegagalan Evakuasi Event 02

Kegagalan Evakuasi pada event 02 terdapat 4 (empat) kejadian yang menjadi pemicu kegagalan evakuasi: (1) keadaan darurat, (2) lokasi kecelakaan tidak terjangkau, (3) cuaca buruk dan (4) peralatan komunikasi.



Gambar 4-18 Kegagalan Evakuasi Event 02

Setelah digambarkan model gafis FTA untuk kegagalan evakuasi pada event 02, maka akan dicari minimal *cut set* dari model grafis FTA yang telah dibuat. Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan 12 *minimal cut set* dengan order

minimal adalah 5 dengan jumlah 8. Untuk kegagalan evakuasi event 02 seperti yang ditampilkan pada **Tabel 4-5**, dari total *minimal cut set* yang didapatkan.

Tabel 4-5 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 02

| No | Minimal Cut Set | Order | Unavailability | Contribution |
|----|-----------------|-------|----------------|--------------|
| 1 | E1.E2.E9.G11 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |
| 2 | E1.E2.E10.G11 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |
| 3 | E1.E2.E11.G11 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |
| 4 | E1.E2.E12.G11 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |
| 5 | E1.E2.E9.G12 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |
| 6 | E1.E2.E10.G12 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |
| 7 | E1.E2.E11.G12 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |
| 8 | E1.E2.E12.G12 | 4 | 1,00E-12 | 0,125 |

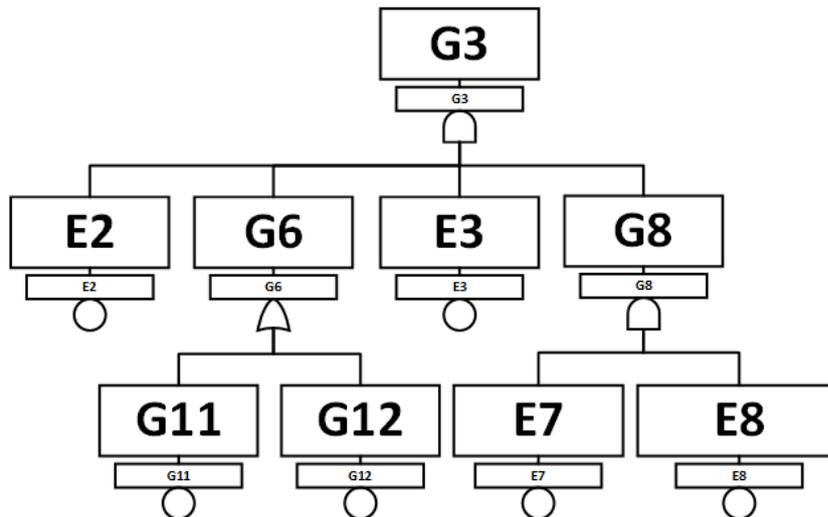
Dari tabel *minimal cut set* diatas, terdapat *event* yang memiliki kode penamaan, keterangan penamaan pada tiap *event* dapat dilihat pada **Tabel 4-6**.

Tabel 4-6 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 02

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|---------------|--------------------------------------|
| G2 | KEGAGALAN EVAKUASI EVENT 02 |
| G6 | Keadaan Darurat |
| G9 | Peralatan Komunikasi |
| G11 | Kapal Tenggelam |
| G12 | Kapal Terbakar |
| E2 | Lokasi Kecelakaan Tidak Terjangkau |
| E9 | Spesifikasi Radio Bukan "Marine Use" |
| E10 | Keterbatasan Peralatan Komunikasi |
| E11 | Alarm Tidak Berfungsi |
| E12 | Public Addresser Tidak Berfungsi |

4.6.1.3 Kegagalan Evakuasi Event 03

Kegagalan Evakuasi pada event 03 terdapat 4 (empat) kejadian yang menjadi pemicu kegagalan evakuasi: (1) keadaan darurat, (2) evakuasi malam hari, (3) cuaca buruk dan (4) kompetensi awak kapal.



Gambar 4-19 Kegagalan Evakuasi Event 03

Setelah digambarkan model grafis FTA untuk kegagalan evakuasi pada event 03, maka akan dicari minimal *cut set* dari model grafis FTA yang telah dibuat. Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan 4 *minimal cut set* dengan order minimal adalah 5 dengan jumlah 8. Untuk kegagalan evakuasi event 03 seperti yang ditampilkan pada **Tabel 4-7**, dari total *minimal cut set* yang didapatkan.

Tabel 4-7 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 03

| No | Minimal Cut Set | Order | Unavailability | Contribution |
|----|-----------------|-------|----------------|--------------|
| 1 | E2.E3.E7.G11 | 4 | 1,00E-12 | 0,25 |
| 2 | E2.E3.E8.G11 | 4 | 1,00E-12 | 0,25 |
| 3 | E2.E3.E7.G12 | 4 | 1,00E-12 | 0,25 |
| 4 | E2.E3.E8.G12 | 4 | 1,00E-12 | 0,25 |

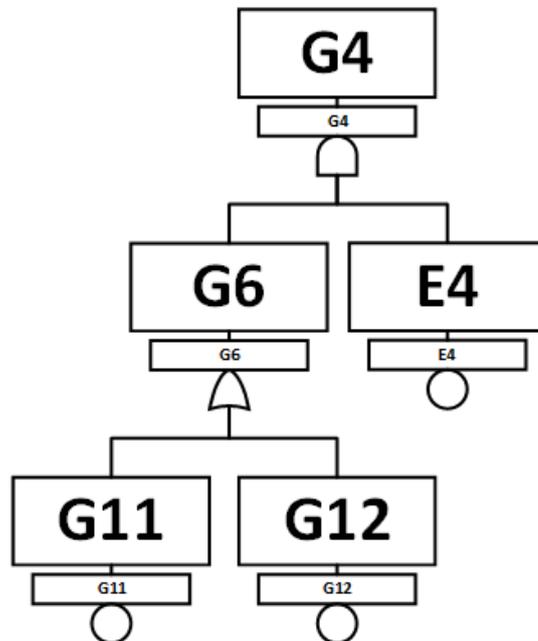
Dari tabel *minimal cut set* diatas, terdapat *event* yang memiliki kode penamaan, keterangan penamaan pada tiap *event* dapat dilihat pada **Tabel 4-8**.

Tabel 4-8 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 03

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|---------------|--------------------------------------------------|
| G3 | KEGAGALAN EVAKUASI EVENT 03 |
| G6 | Keadaan Darurat |
| G7 | Penumpang Panik |
| G8 | Kompetensi ABK |
| E7 | Tidak Memiliki Setifikat Keterampilan BTS |
| E8 | Tidak Pernah Mengikuti Pelatihan Keadaan Darurat |

4.6.1.4 Kegagalan Evakuasi Event 04

Kegagalan Evakuasi pada event 04 terdapat 2 (dua) kejadian yang menjadi pemicu kegagalan evakuasi: (1) keadaan darurat dan (2) *emergency exit* yang terhalang atau tidak bisa dilewati.



Gambar 4-20 Kegagalan Evakuasi Event 04

Setelah digambarkan model grafis FTA untuk kegagalan evakuasi pada event 04, maka akan dicari minimal *cut set* dari model grafis FTA yang telah dibuat. Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan 2 *minimal cut set* dengan order minimal adalah 2 dengan jumlah 2. Untuk kegagalan evakuasi event 04 seperti yang ditampilkan pada **Tabel 4-9**, dari total *minimal cut set* yang didapatkan.

Tabel 4-9 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 04

| No | Minimal Cut Set | Order | Unavailability | Contribution |
|----|-----------------|-------|----------------|--------------|
| 1 | E4.G11 | 2 | 1,00E-06 | 0,5 |
| 2 | E4.G12 | 2 | 1,00E-06 | 0,5 |

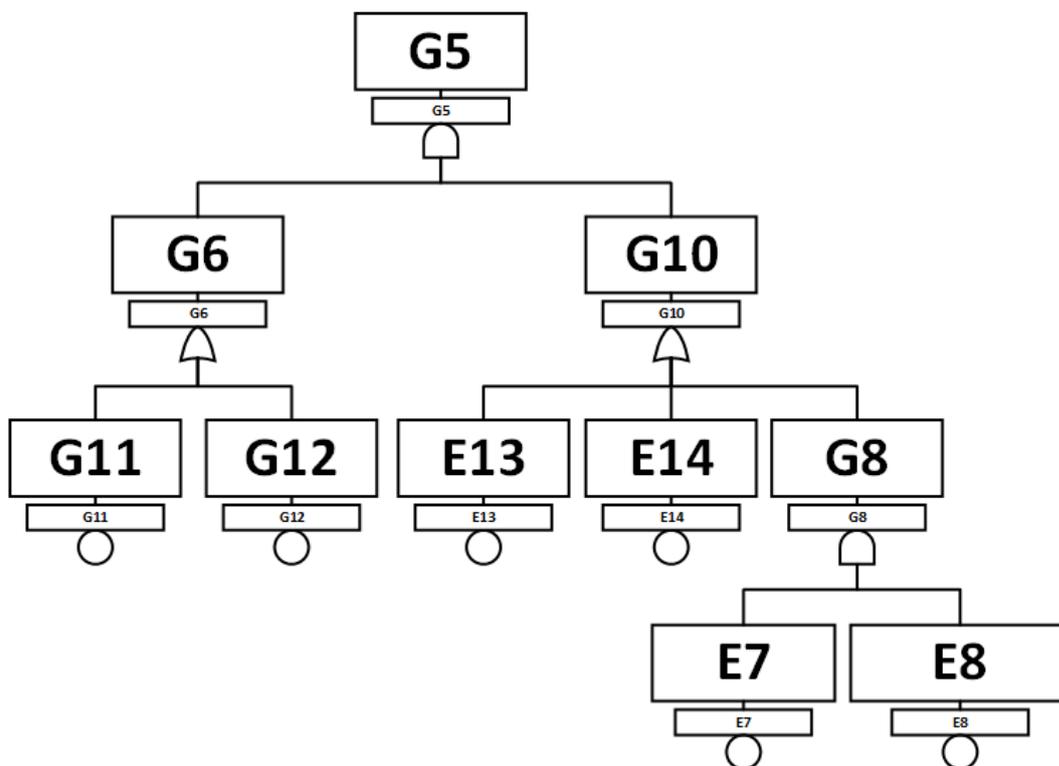
Dari tabel *minimal cut set* diatas, terdapat *event* yang memiliki kode penamaan, keterangan penamaan pada tiap *event* dapat dilihat pada **Tabel 4-10**.

Tabel 4-10 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 04

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|---------------|-----------------------------|
| G4 | KEGAGALAN EVAKUASI EVENT 04 |
| G6 | Keadaan Darurat |
| G11 | Kapal Tenggelam |
| G12 | Kapal Tenggelam |
| E4 | Emergency Exit Terhalang |

4.6.1.5 Kegagalan Evakuasi Event 05

Kegagalan Evakuasi pada event 05 terdapat 2 (dua) kejadian yang menjadi pemicu kegagalan evakuasi: (1) keadaan darurat dan (2) pembagian *life jacket* yang terbengkalai.



Gambar 4-21 Kegagalan Evakuasi Event 05

Setelah digambarkan model gafis FTA untuk kegagalan evakuasi pada event 04, maka akan dicari minimal *cut set* dari model grafis FTA yang telah dibuat. Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan 4 *minimal cut set* dengan order minimal adalah 5 dengan jumlah 8. Untuk kegagalan evakuasi event 03 seperti yang ditampilkan pada **Tabel 4-7**, dari total *minimal cut set* yang didapatkan.

Tabel 4-11 Minimal Cut Set Kegagalan Evakuasi Event 04

| No | Minimal Cut Set | Order | Unavailability | Contribution |
|----|-----------------|-------|----------------|--------------|
| 1 | E13.G11 | 2 | 1,00E-06 | 0,24988 |
| 2 | E14.G11 | 2 | 1,00E-06 | 0,24988 |
| 3 | E13.G12 | 2 | 1,00E-06 | 0,24988 |
| 4 | E14.G12 | 2 | 1,00E-06 | 0,24988 |
| 5 | E7.E8.G11 | 3 | 1,00E-09 | 0,00025 |
| 6 | E7.E8.G12 | 3 | 1,00E-09 | 0,00025 |

Dari tabel *minimal cut set* diatas, terdapat *event* yang memiliki kode penamaan, keterangan penamaan pada tiap *event* dapat dilihat pada **Tabel 4-10**.

Tabel 4-12 Keterangan Tabel Kegagalan Evakuasi Event 04

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|---------------|--------------------------------------------------|
| G4 | KEGAGALAN EVAKUASI EVENT 04 |
| G6 | Keadaan Darurat |
| G8 | Kompetensi ABK |
| G11 | Kapal Tenggelam |
| G12 | Kapal Tenggelam |
| E7 | Tidak Memiliki Setifikat Keterampilan BTS |
| E8 | Tidak Pernah Mengikuti Pelatihan Keadaan Darurat |

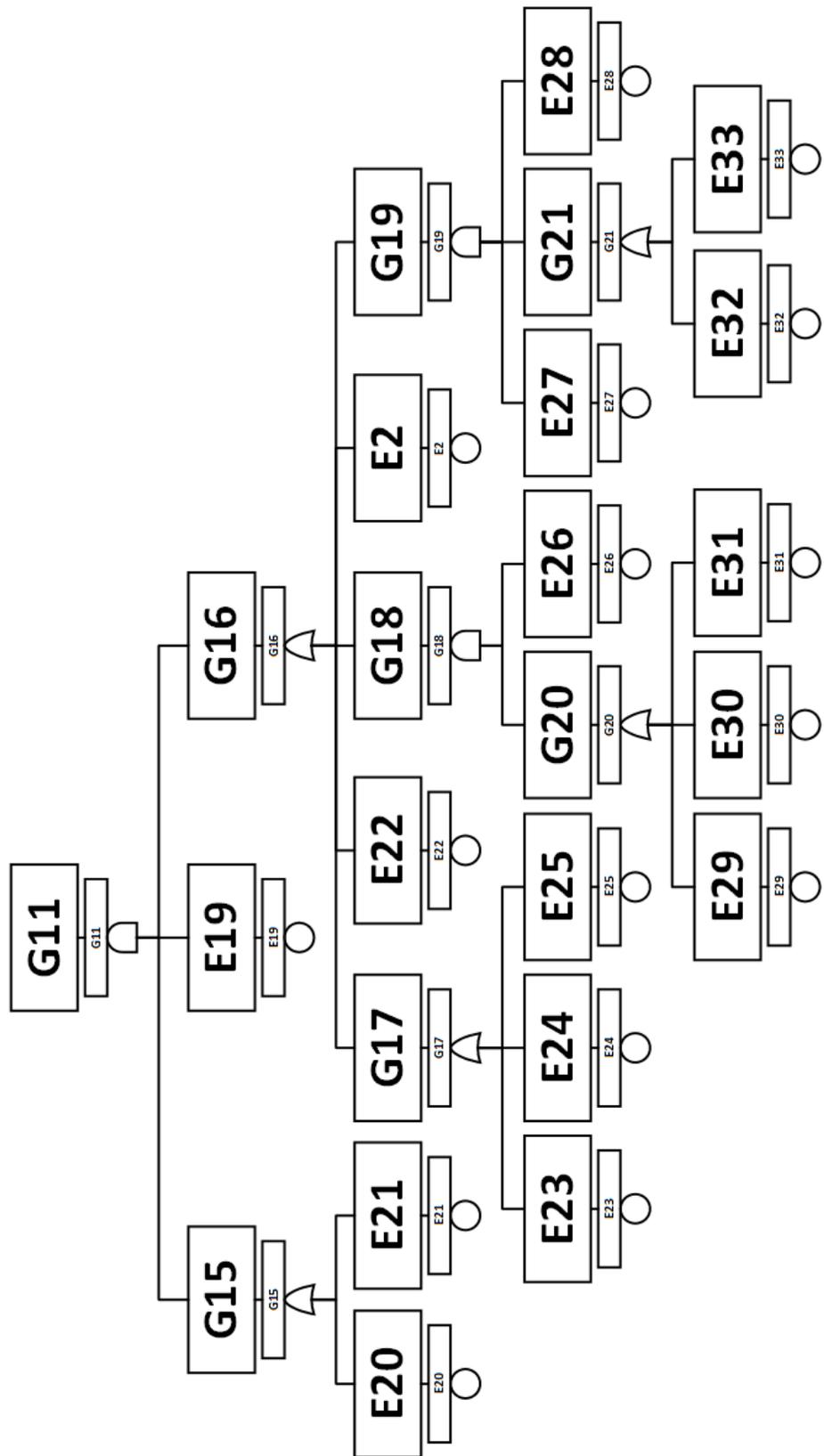
Dari data tiap event penyebab kegagalan evakuasi, minimal order yang memiliki order yang paling sedikit (2) penyebab terjadinya kegagalan evakuasi adalah pada kegagalan evakuasi event 04 dan kegagalan evakuasi event 05. Dari kedua event tersebut selain terkait keadaan darurat (kapal tenggelam atau terbakar) penyebab kegagalan evakuasi adalah akibat (1) terhalangnya *emergency exit* atau tidak adanya akses keluar kapal dan (2) pembagian *life jacket* yang diakibatkan lemari terkunci, akses penyimpanan yang terhalangi (sulit di jangkau) dan kompetensi awak kapal dalam pembagian *life jacket*.

Dari data investigasi yang dilakukan oleh KNKT penyebab utama kegagalan evakuasi atau dalam laporan bisa disebut dengan banyaknya korban dalam kecelakaan, diakibatkan terhalang atau minimalnya akses keluar kapal ketika terjadi keadaan darurat.

4.6.2 Kapal Tenggelam

Kapal tenggelam adalah sumber kejadian utama dalam evakuasi, terutama keadaan darurat. Penyebab terjadinya kapal tenggelam dijelaskan dalam grafis FTA pada **Gambar 4-22**. Penyebab kapal tenggelam terdapat 3 (tiga) kejadian yang mempengaruhi, diantaranya adalah: (1) tidak adanya regulasi atau pengawasan

sebelum kapal berangkat serta pengetahuan ABK tentang pemuatan dan stabilitas kapal, (2) tidak berfungsinya alat *emergency* ketika terjadinya keadaan darurat dan (3) masuknya air ke dalam. Dari semua data yang ada akan di buat model grafis FTA guna mengetahui penyebab dari kapal tenggelam. Penyebab utama kapal tenggelam adalah masuknya air ke dalam kapal ada 4 (empat), diantaranya adalah: (1) pintu *ramp door* tidak tertutup rapat akibat rusak atau modifikasi, (2) kebocoran akibat tubrukan, (3) *free board* kapal pendek akibat kelebihan muatan barang dan juga karena adanya perubahan konstrukssi kapal atau penambahan komponen permesinan, (4) kapal miring akibat adanya pergeseran muatan yang tidak di lasing, penumpukan penumpang pada salah satu sisi kapal dan akibat kapal berbelok tajam dan (5) akibat cuaca buruk atau berlayar ketika gelombang tinggi akibat mengabaikan peringatan. Rata-rata dari data invetigasi KNKT kapal tenggelam diakibatkan belebihnya muatan yang dibawa kapal akibat tidak adanya pemeriksaan muatan serta peletakan muatan yang kurang diperhitungkan oleh awak kapal. Kelebihan muatan barang biasanya diakibatkan karena pihak operator kapal kurang dalam pengawasan serta demi peningkatan pendapatan, selain itu minimnya fasilitas di pelabuhan dalam pengecekan berat muatan yang masuk ke dalam kapal. Kelebihan penumpang dikarenakan kurangnya ketersediaan armada angkutan yang melayani suatu wilayah sehingga memaksa penumpang untuk naik penumpang, hal ini terjadi biasanya ketika hari libur besar atau hari raya (Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2018).



Gambar 4-22 Model Grafis FTA Kapal Tenggelam

Pada **Tabel 4-13**, untuk kapal tenggelam jumlah *minimal cut set* adalah 7 (tujuh) dan jumlah order paling sedikit adalah 3 (lima) yang berpotensi pada kapal tenggelam.

Tabel 4-13 Minimal Cut Set Kapal Tenggelam

| No | Minimal Cut Set | Order | Unavailability | Contribution |
|----|---------------------|-------|----------------|--------------|
| 1 | E19.E20.E23 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 2 | E19.E20.E24 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 3 | E19.E20.E25 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 4 | E19.E20.E22 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 5 | E2.E19.E20 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 6 | E19.E21.E23 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 7 | E19.E21.E24 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 8 | E19.E21.E25 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 9 | E19.E21.E22 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 10 | E2.E19.E21 | 3 | 1,00E-09 | 0,09994 |
| 11 | E19.E20.E26.E29 | 4 | 1,00E-12 | 9,99E-05 |
| 12 | E19.E20.E26.E30 | 4 | 1,00E-12 | 9,99E-05 |
| 13 | E19.E20.E26.E31 | 4 | 1,00E-12 | 9,99E-05 |
| 14 | E19.E21.E26.E29 | 4 | 1,00E-12 | 9,99E-05 |
| 15 | E19.E21.E26.E30 | 4 | 1,00E-12 | 9,99E-05 |
| 16 | E19.E21.E26.E31 | 4 | 1,00E-12 | 9,99E-05 |
| 17 | E19.E20.E27.E28.E32 | 5 | 1,00E-15 | 9,99E-08 |
| 18 | E19.E20.E27.E28.E33 | 5 | 1,00E-15 | 9,99E-08 |
| 19 | E19.E21.E27.E28.E32 | 5 | 1,00E-15 | 9,99E-08 |
| 20 | E19.E21.E27.E28.E33 | 5 | 1,00E-15 | 9,99E-08 |

Dari tabel *minimal cut set* diatas, terdapat *event* yang memiliki kode penamaan, keterangan penamaan pada tiap *event* dapat dilihat pada **Tabel 4-14**.

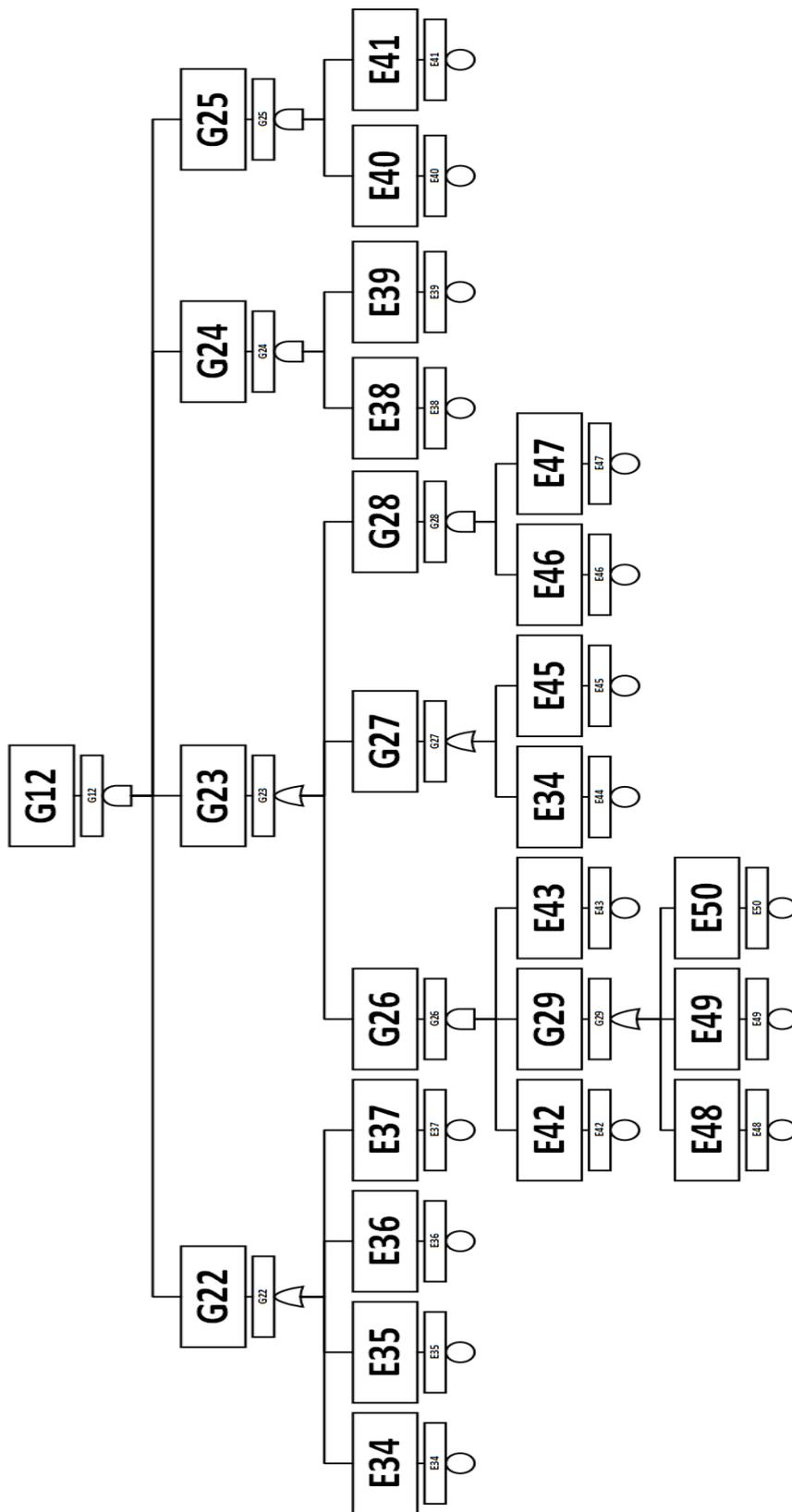
Tabel 4-14 Keterangan Tabel Kapal Tenggelam

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|----------------------|--------------------------------------------------------|
| G11 | KAPAL TENGGELAM |
| G15 | Faktor Pendukung |
| G16 | Masuknya Air ke Kapal |
| G17 | Pintu Ramp Door Tidak Tertutup Rapat |
| G18 | Freeboard Pendek |
| G19 | Kapal Miring |
| G20 | Kelebihan Muatan |
| G21 | Penumpukan Penumpang |
| E2 | Cuaca Buruk (Gelombang Tinggi) |
| E19 | Peralatan Emergency Tidak Dapat berfungsi |
| E20 | Kompetensi Awak Kapal (Pengetahuan tentang Stabilitas) |
| E21 | Regulasi dan Pengawasan |
| E22 | Kebocoran Akibat Tubrukan |
| E23 | Kompetensi Awak Kapal (Tidak Ada Pemeriksaan) |
| E24 | Pintu RampDoor Tidak Rapat / Rusak |
| E25 | Perubahan Konstruksi |
| E26 | Penambahan Konstruksi atau Permesinan |
| E27 | Pergeseran Muatan (Kendaraan) |
| E28 | Berbelok Tajam |
| E29 | Keterbatasan Fasilitas |
| E30 | Tidak Ada Pengawas di Pelabuhan |
| E31 | Kompetensi Awak Kapal (Pemuatan) |
| E32 | Permintaan Meningkat (Liburan) |
| E33 | Peningkatan Pendapatan |

4.6.3 Kapal Terbakar

Terjadinya kebakaran di dalam kapal diakibatkan adanya reaksi dari 3 unsur utama, yaitu: sumber panas, sumber bahan (material) dan oksigen (udara). Sumber panas dalam penelitian ini berasal dari adanya pembuangan puntung rokok yang sembarangan atau merokok di luar area merokok (*smoking area*), adanya konsleting yang ditimbulkan sambungan kabel yang tidak terawat pada kapal dan juga bisa berasal dari muatan (kendaraan) yang menghidupkan kendaraan (mesin) selama pelayaran (Komite Nasional Keselamatan Transportasi 2011). Pada **Gambar 4-23** semua penyebab terjadinya kebakaran disusun kedalam model grafis FTA sehingga memudahkan dalam analisa.

Sumber bahan (material) berasal dari dari 3 (tiga) area: kamar mesin, ruang muat (*car deck*) dan ruang penumpang (*passenger deck*). Sumber bahan yang terdapat di kamar mesin berasal dari penguapan bahan bakar yang diakibatkan adanya kebocoran atau tumpahan bahan bakar dan juga bisa berasal dari saluran ventilasi pada tangka bahan bakar. Sumber bahan lainnya berasal dari ruang muat barang (kendaraan) dan juga barang bawaan penumpang. Sedangkan sumber oksigen berasal dari kecepatan angin laut, selain itu terdapat faktor pendukung seperti peralatan kebakaran yang tidak berfungsi dan juga kompetensi awak kapal.



Gambar 4-23 Model Grafis FTA Kapal Terbakar

Penilaian untuk peralatan keselamatan juga didapatkan dari kuesioner, dimana dapat dilihat pada table **Tabel 4-15** dibawah.

Tabel 4-15 Minimal Cut Set Kapal Terbakar

| No | Minimal Cut Set | Order | Unavailability | Contribution |
|----|---------------------------------|-------|----------------|--------------|
| 1 | E34.E38.E39.E40.E41.E46 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 2 | D13.E34.E38.E39.E40.E41 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 3 | E35.E38.E39.E40.E41.E46 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 4 | D13.E35.E38.E39.E40.E41 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 5 | D36.E38.E39.E40.E41.E46 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 6 | D13.D36.E38.E39.E40.E41 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 7 | E37.E38.E39.E40.E41.E46 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 8 | D13.E37.E38.E39.E40.E41 | 6 | 1,00E-18 | 0,124937 |
| 9 | E34.E38.E39.E40.E41.E44.E45 | 7 | 1,00E-21 | 0,000125 |
| 10 | E35.E38.E39.E40.E41.E44.E45 | 7 | 1,00E-21 | 0,000125 |
| 11 | D36.E38.E39.E40.E41.E44.E45 | 7 | 1,00E-21 | 0,000125 |
| 12 | E37.E38.E39.E40.E41.E44.E45 | 7 | 1,00E-21 | 0,000125 |
| 13 | E34.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E48 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 14 | E34.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E49 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 15 | E34.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E50 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 16 | E35.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E48 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 17 | E35.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E49 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 18 | E35.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E50 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 19 | D36.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E48 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 20 | D36.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E49 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 21 | D36.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E50 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 22 | E37.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E48 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 23 | E37.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E49 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |
| 24 | E37.E38.E39.E40.E41.E42.E43.E50 | 8 | 1,00E-24 | 1,25E-07 |

Dari tabel *minimal cut set* diatas, terdapat *event* yang memiliki kode penamaan, keterangan penamaan pada tiap *event* dapat dilihat pada **Tabel 4-16**.

Tabel 4-16 Keterangan Tabel Kapal Terbakar

| KODE PENAMAAN | KETERANGAN |
|----------------------|--------------------------------------------|
| G12 | KAPAL TERBAKAR |
| G22 | Sumber Api |
| G23 | Lokasi yang Mengandung Flammable Substance |
| G24 | Faktor Pendukung |
| G25 | Kompetensi Awak Kapal (Pemadaman) |
| G26 | Flammable Substance di Kamar Mesin |
| G27 | Flammable Substance di Ruang Muat |
| G28 | Flammable Substance di Deck Penumpang |
| G29 | Pengupaan Bahan Bakar |
| E34 | Pembuangan Puntung Rokok yang Sembarangan |
| E35 | Konsleting/ Arus Pendek |
| E36 | Merokok di Area Dilarang |
| E37 | Kendaraan di Car Deck |
| E38 | Kecepatan Angin |
| E39 | Sistem Pencegah Kebakaran |
| E40 | Pengetahuan Penanganan Kebakaran |
| E41 | Tidak Ada Pengawasan dari Awak Kapal |
| E42 | Suhu Kamar Mesin |
| E43 | Penguapan Bahan Bakar |
| E44 | Muatan Mudah Terbakar |
| E45 | Penataan Kendaraan (Bermuatan) |
| E46 | Penataan Muatan (Penumpang) |
| E47 | Jenis Muatan yang dibawa Penumpang |
| E48 | Kebersihan Ruang Kamar Mesin |
| E49 | Ventilasi Tangki Bahan Bakar |
| D50 | Kebocoran pada Sambungan Pipa |

4.7 Probabilitas Event

Setelah selesai penggambaran diagram FTA (Fault Tree Analysis), langkah selanjutnya adalah menentukan besarnya probabilitas. Probabilitas basic event digunakan untuk menentukan dan menghitung 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. Metode yang digunakan adalah penilaian oleh ahli. Responden yang mengisi kuesioner adalah orang berpengalaman di bidangnya. Data dari penilaian oleh ahli kemudian disesuaikan dengan frequency index yang tersedia. Berikut adalah tabel besarnya probabilitas basic event.

Tabel 4-17 Tabel Probabilitas Event

| EVENT | | NILAI PROBABILITAS |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PERALATAN KOMUNIKASI | Alarm Tidak Berbunyi (Tidak Terdengar) | 0,410 |
| | Radio Komunikasi Tidak Berfungsi (Tidak Terdengar) | 0,427 |
| PERALATAN KESELAMATAN | Sekoci Tidak Berfungsi | 0,182 |
| | LifeRaft Tidak Mengembang | 0,179 |
| | Tidak Ada Rute Evakuasi (Sign) | 0,169 |
| | Tidak Ada Prosedur Evakuasi (Penanganan Kondisi Darurat) | 0,177 |
| | Pembagian LifeJacket Terbengkalai | 0,177 |
| | Lemari Penyimpanan Terkunci | 0,288 |
| | Lemari Penyimpanan Sulit Terjangka | 0,281 |
| FAKTOR ALAM | Lokasi Kapal Saat Kecelakaan | 0,284 |
| | Evakuasi Terjadi Pada Malam Hari | 0,280 |
| | Cuaca Buruk (Gelombang) | 0,305 |

| EVENT | | NILAI PROBABILITAS |
|----------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| FAKTOR LAIN | Penumpang Panik | 0,221 |
| | Kelebihan Penumpang | 0,439 |
| | Kompetensi Awak Kapal tentang Prosedur Keselamatan dan Keadaan Darurat | 0,415 |
| | Berdasakan Ketika Evakuasi | 0,210 |

Dari *collecting* data dari kuesioner didapatkan nilai probabilitas yang ditampilkan pada Tabel 4-17 Tabel Probabilitas Event diatas. Dari table diatas nilai probabilitas tertinggi terdapat pada 4 *event* kejadian, diantaranya adalah: kelebihan penumpang (0,439), radio komunikasi tidak berfungsi/ tidak terdengar (0,427), kompetensi awak kapal terkait prosedur keselamatan dan penanganan keadaan darurat (0,415) dan tidak berbunyi/ terdengar alarm (0,410).

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pengisian kuesioner dan olah data didapatkan 8 (delapan) faktor yang penyebab kegagalan evakuasi, diantaranya adalah: (1) keadaan darurat (kapal terbakar/ tenggelam), (2) tidak adanya *emergency exit* atau pintu keluar yang terhalang, (3) terbengkalainya pembagian *life jacket*, (4) evakuasi pada malam hari, (5) radio komunikasi keluar kapal dan *public addressor* yang tidak berfungsi, (6) lokasi terjadinya kecelakaan kapal, (7) penumpang panik, dan (8) kompetensi awak kapal dalam penanganan keselamatan dan kondisi darurat.

Dari 8 (delapan) faktor penyebab kegagalan evakuasi ada 4 (empat) faktor yang dominan atau berpotensi paling besar penyebab kegagalan evakuasi. Diantaranya: kelebihan penumpang (0,439), radio komunikasi tidak berfungsi/ tidak terdengar (0,427), kompetensi awak kapal terkait prosedur keselamatan dan penanganan keadaan darurat (0,415) dan tidak berbunyi/ terdengar suara alarm oleh penumpang ketika evakuasi (0,410). Berdasarkan hasil dari metode *Fult Tree Analysis* diperoleh

Berdasarkan hasil metode FTA yang telah dianalisa dan disimulasikan diperoleh: (1) terdapat 4 event untuk kegagalan evakuasi dengan: (a) 12 *minimal cut set* untuk kegagalan evakuasi event 01 dengan order minimal adalah 5, (b) 8 *minimal cut set* untuk kegagalan evakuasi event 02 dengan order minimal adalah 4, (c) 4 *minimal cut set* untuk kegagalan evakuasi event 03 dengan order minimal adalah 4, (d) 2 *minimal cut set* untuk kegagalan evakuasi event 04 dengan order minimal adalah 2 dan (e) 6 *minimal cut set* untuk kegagalan evakuasi event 05 dengan order minimal adalah 2; (2) 20 *minimal cut set* untuk penyebab kapal tenggelam dengan order minimal 3 dan (3) 24 *minimal cut set* untuk penyebab kapal terbakar dengan order minimal 6.

Dari hasil investigasi KNKT dan kuesioner yang diisi oleh responden, faktor pendukung utama dalam terjadinya kegagalan evakuasi adalah terkait kompetensi

awak kapal. Kompetensi awak kapal yang menjadi focus bahasan adalah karena pada sebagian besar awak kapal masih belum mempunyai sertifikat keterampilan BTS (*Basic Safety Training*) dan juga tidak pernah mengikuti atau diadakan pelatihan tentang keselamatan dan penanganan kondisi darurat. Keterbatasan fasilitas pengawasan di pelabuhan, fasilitas keselamatan di kapal dan minimnya jumlah armada yang beroperasi adalah faktor pendukung yang dapat memicu timbulnya kegagalan evakuasi. Minimnya jumlah armada menyebabkan penumpukan baik dari segi muatan barang dan penumpang, terutama pada saat musim liburan terutama ketika hari raya, sehingga hal ini dimanfaatkan juga oleh penyedia jasa untuk memperoleh keuntungan tanpa menghiraukan faktor keselamatan.

5.2 Saran

Dari uraian hasil studi dan penelitian yang telah dilakukan, saran yang bisa diberikan dan mungkin dapat bermanfaat guna mengurangi kegagalan evakuasi penumpang kapal adalah:

1. Setelah didapatkan faktor penyebab kegagalan evakuasi dapat dilakukan analisa lebih lanjut dengan ditambahkan mitigasi terkait penanganan faktor-faktor tersebut agar dapat mengurangi kegagalan evakuasi.
2. Perlu dilakukan kajian lebih jauh terutama penyebab kegagalan evakuasi dari segi *human error* dan *human behavior* terhadap proses evakuasi.
3. Agar hasil yang didapatkan dapat lebih kompleks dan akurat pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan perhitungan serta analisa dengan menggunakan metode lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfi, Abdul Aziz, Trika Pitana, and Hari Prastowo. 2007. "(STUDI KASUS RANCANGAN KAPAL 5000 GT MILIK DINAS PERHUBUNGAN DARAT)."
- Firdausi, Achmad Nurul, Trika Pitana, and Ketut Buda Arta. 2012. "Analisa Evakuasi Penumpang Pada Kapal Ro-Ro Menggunakan Discrete Even Simulation Dan Social Force Model." *Jurnal Teknik POMITS*.
- Fuad, Choirul and Wasis Dwi Aryawan. 2011. "Studi Perencanaan Model Evakuasi Sederhana." *Jurnal Teknik POMITS*.
- Hapsari, Kustriwi Ratnaning, Sritomo Wignjosoebroto, and Arief Rahman. 2013. "Pengembangan Model Evakuasi Keadaan Darurat Di Kapal Ferry Dengan Mempertimbangkan Perilaku ABK Melalui Simulasi Dan Studi Etnografi Penumpang Kapal." *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII* 1-7.
- IMO. 1993. "International Safety Management Code for The Safe Operation of Ship and for Pollution Prevention." *International Maritime Organization* 741(18):1-9.
- katadata.co.id. 2017. "Armada Pelayaran Indonesia." 1. Retrieved (<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2017/05/12/berapa-armada-pelayaran-indonesia>).
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. 2011. *Investigasi Kecelakaan Kapal Laut Terbakarnya KM. Musthika Kencana II*.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. 2016. *Data Investigasi Kecelakaan Pelayaran Tahun 2010 - 2016*. Indonesia.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. 2017. *FINAL KNKT.16.10.11.03 Laporan Investigasi Kecelakaan Pelayaran - Terbakarnya SB. Bintang Fajar*.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. 2018. *Laporan Investigasi Kecelakaan*

Kapal Laut Tenggelamnya KM. Sinar Bangun 4.

Pitana, Trika, Ketut Buda Artana, Dian Prasetyawati, and Nurhadi Siswantoro. 2017. "Observation Study the Walking Speed and Distribution of Ship's Passengers as Basis for Passenger Evacuation Simulation." *Applied Mechanics and Materials* 862:232–37. Retrieved (<https://www.scientific.net/AMM.862.232>).

Praditya, Angga, Trika Pitana, and Dwi Priyanta. 2004. "Implementasi Discrete Event Simulation Untuk Analisis Evakuasi Penumpang Kapal Ro-Ro Pada Kondisi List Dan Normal." *Jurnal Teknik POMITS* 2(1).

Priyanta, Dwi. 2000. *Keandalan Dan Perawatan*.

Rausan, Marvin and Arnljot Hoyland. 2004. *SYSTEM RELIABILITY THEORY*. 2nd ed. edited by .I Stuart Hunter: David G. Kendall David J Balding, Noel A. C. Cressie. Nicholas I. Fishel; Iain M. Johnstone, 1 B. Kadane, Geert Molenberghs, Louise M. Ryan, David U? Scott, Adrian I? M. Smith, Jozef L. Teugels Editors Emeriti: Vic Barnett. Canada: John Wiley & Sons.