

**PENILAIAN RISIKO SISTEM INSTALASI PEMADAM  
KEBAKARAN PADA KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE *FORMAL SAFETY ASSESSMENT* (FSA)**

**SKRIPSI**



**HAMAS AL ASAD FANNA**

**D33114312**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

**PENILAIAN RISIKO SISTEM INSTALASI PEMADAM  
KEBAKARAN PADA KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE *FORMAL SAFETY ASSESSMENT* (FSA)**

**SKRIPSI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



**HAMAS AL ASAD FANNA**

**D33114312**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

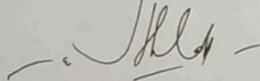
**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Penilaian Risiko Sistem Instalasi Pemadam Kebakaran Pada Kapal Dengan Menggunakan Metode *Formal Safety Assessment* (FSA)  
Nama Mahasiswa : Hamas Al Asad Fanna  
NIM : D33114312

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal 15 Juli 2021

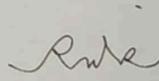
Pembimbing I,



Surya Hariyanto, ST., MT.

NIP. 19710207 200012 1 001

Pembimbing II



M. Rusydi Alwi, ST., MT.

NIP. 19730123 200012 1 001

Menyetujui,

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Faisal Mahmuddar, ST., MT, Inf.Tech., M.Eng.

NIP. 19810211 200501 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hamas Al Asad Fanna

NIM : D331 14 312

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Penilaian Risiko Sistem Instalasi Pemadam Kebakaran Pada Kapal Dengan Menggunakan Metode *Formal Safety Assessment* (FSA)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut.

Makassar, 21 Juni 2021

Yang menyatakan



(Hamas Al Asad Fanna)

## ABSTRAK

Hamas Al Asad Fanna. D33114312. **PENILAIAN RESIKO SISTEM INSTALASI PEMADAM KEBAKARAN PADA KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FORMAL SAFETY ASSESSMENT* (FSA)**, dibimbing oleh. Surya Hariyanto, ST., MT. dan M. Rusydi Alwi, ST., MT.

Kapal *ferry* merupakan sarana transportasi laut yang dapat membawa penumpang dan kendaraan dengan jarak pelayaran yang cukup singkat. Pada kapal *ferry* dilengkapi dengan sarana dan prasarana keselamatan jika terjadi keadaan darurat seperti kebakaran.

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dari penelitian sebelumnya [1] bertujuan untuk memperoleh jenis risiko apa saja yang mempunyai frekuensi paling besar pada sistem pemadam kebakaran kapal *ferry*. Mengetahui dampak apa yang ditimbulkan dari setiap risiko yang ada, dan terakhir memperoleh langkah yang bisa dilakukan untuk mengurangi kerugian dari risiko kegagalan pada sistem pemadam kebakaran kapal *ferry* dengan metode *Formal Safety Assessment* (FSA).

Dari 3 *failure* pada sistem pompa pemadam, terdapat dua *failure* yang memiliki tingkat probabilitas kegagalan tertinggi yaitu *gate valve* (FTO) pompa pemadam dan *overheating* (OH), untuk *failure gate valve* (FTO) dan *overheating* (OH) dapat diatasi dengan Risk Control Option (RCO) berupa inspeksi dan perawatan secara berkala dengan masing – masing indeks benefit sebesar Rp 17.27 dan Rp 0.063.

**Kata Kunci:** Formal Safety Assessment, Penilaian Risiko, HAZOP (Hazard Operability)

## ABSTRACT

Hamas Al Asad Fanna. D33114312. **RISK ASSESSMENT OF FIRE FIGHTING SYSTEM INSTALATION OF A FERRY BOAT USING *FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) METHOD***, Supevised by. Surya Hariyanto, ST., MT. and M. Rusydi Alwi, ST., MT.

Ferry boats are a means of sea transportation that can carry passengers and vehicles with a fairly cruise distance. On ferries are equipped with facilities and infrastructure in the event of an emergency such as a fire.

This study is a quantitative study from previous research [1] aimed at obtaining what risks have the greatest frequency in the ferry fire extinguishing system. Knowing the impact of each existing risk, and the last step that can be taken to reduce the risk of failure in the ferry firefighting system using the Formal Safety Assessment (FSA) method.

There are 3 failures of a fire pump system, there are two failures that have the highest probability of failure of the fire pump, namely gate valve (FTO) and overheating (OH), for failure gate valve (FTO) and overheating (OH) can be overcome by a Risk Control Option (RCO) in the form of periodic inspections and maintenance with a benefit index of Rp. 17.27 and Rp. 0.063, respectively.

**Keywords:** Formal Safety Assessment, Risk Assessment, HAZOP (Hazard Operability)

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan limpahan rahmat dan bimbingan-Nya yang sangat luar biasa kepada penulis. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis: kedua orang tua yang sampai hari ini masih membuat saya termotivasi, adik-adik saya yang terus memberikan dukungan sehingga perkuliahan saya dapat terselesaikan.
2. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Surya Hariyanto, ST., MT. selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini.
4. M. Rusydi Alwi, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini.

5. Para Dosen terkhusus dosen penguji yaitu; Bapak. Ir. Zulkifli, MT., Ibu. Haryanti Rivai, ST., MT., Ph.D.
6. Staf Tata Usaha Departemen Teknik Sistem perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan khususnya angkatan 2014, Rekan-rekan Laboratorium Listrik & Kendali, Sitem Bangunan Laut, Propulsi dan Mesin. Teman-teman dari Teknik Perkapalan dan Teknik Kelautan yang telah memberikan pengalaman-pengalaman berharga selama penulis menjadi seorang mahasiswa. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terima kasih kepada kanda-kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan dukungannya.

Akhir kata, semoga hasil penelitian dan skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Gowa, 22 Juni 2021



Hamas Al Asad Fanna  
NIM: D33114312

## DAFTAR ISI

Sampul.....	
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Pernyataan Keaslian Skripsi .....	iii
Abstrak .....	iv
Abstract .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Lampiran .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. <i>Fire Fighting And Safety</i> .....	4
2.2. Sistem Intalasi Tetap Di Kapal.....	5
2.3. Sistem Instalasi Pemadam Kapal.....	9

2.4. <i>Operability Study</i> .....	13
2.4.1. Identifikasi <i>Hazard</i> Dengan <i>HAZOP Worksheet</i> .....	13
2.4.2. Penilaian Resiko <i>Risk Assesment</i> .....	16
2.5. <i>Formal Safety Assessment (FSA)</i> .....	19
BAB. III METODE PENELITIAN.....	32
3.1. Kerangka Alur Penelitian.....	32
3.2. Lokasi dan Waktu Kegiatan Penelitian.....	33
3.3. Tahap Penelitian.....	33
3.4. Data Penelitian.....	33
3.4.1 Data Kapal.....	34
3.4.2. Data Komponen Sistem Pemadam.....	36
3.4.3. Gambar Piping Diagram Sistem Instalasi Pemadam.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 <i>Hazard Identification</i> .....	38
4.2 Risk Assessment .....	41
4.3 Risk Control Option .....	44
4.4 Cost and Benefit Analysis .....	44
4.5 Rekomendasi.....	47
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49

LAMPIRAN .....  
Lampiran 1 .....  
Lampiran 2 .....  
Lampiran 3 .....

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	<i>Fire Main</i>	5
Gambar 2.2	<i>Head Springkler</i>	7
Gambar 2.3	<i>Automatic water spray systems, (a) sprinkler system; (b) sprayer system</i>	7
Gambar 2.4	Konsep Segitiga ALARP (IACS, 2004)	27
Gambar 3.1	Diagram Pipa pemadam (Navigasi & Penumpang)	36
Gambar 3.2	Diagram Pipa Pemadam (Geladak Kendaraan & Dasar Ganda)	37
Gambar 4.1	Bagan Fault Tree Analysis	42

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Kriteria <i>Likelihood</i>	15
Tabel 2.2	Kriteria <i>Consequences/ Severity</i>	16
Tabel 2.3	<i>Risk Matrix</i>	17
Tabel 2.4	Tingkat Resiko	18
Tabel 2.5	Nilai dan Kategori Resiko	18
Tabel 3.1	Data Kapal	34
Tabel 3.2	Komponen Sistem Pemadam	34
Tabel 4.1	<i>HAZOP Worksheet</i>	39
Tabel 4.2	Risk Matrix	40
Tabel 4.3	Nilai Kategori Risiko	40
Tabel 4.4	Hazards Dengan Risiko <i>Negligible</i>	41
Tabel 4.5	Hazards Dengan Risiko <i>ALARP</i>	41
Tabel 4.6	Hazards Dengan Risiko <i>Intolerable</i>	41
Tabel 4.7	Nilai Probabilitas Masing – Masing <i>Basic Event</i>	43
Tabel 4.8	Nilai Probabilitas Masing – Masing Event	43
Tabel 4.9	Risk Control Option	44
Tabel 4.10	Cost and Benefit Assessment	46

## **DAFTAR LAMPIRAN**

No.

Lampiran 1 Tabel reability pompa pemadam OREDA-2002

Lampiran 1 Tabel reability gate valve OREDA-2002

Lampiran 1 Daftar harga

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi laut merupakan salah satu sarana utama dalam menghubungkan akses antara pulau satu dengan pulau lainnya.

Berdasarkan laporan data kecelakaan kapal yang dirilis oleh KNKT, bahwa kebakaran kapal masih sebagai penyebab dominan dalam kecelakaan kapal dan cenderung mengalami peningkatan sekitar 35% dari tahun 2010 sampai 2016 dibandingkan dengan penyebab kecelakaan lainnya.

Kebakaran di kapal ferry dapat terjadi di area car deck, deck penumpang, kamar mesin hingga pada anjungan. Namun sejumlah kebakaran di kapal ferry didominasi oleh kebakaran pada kamar mesin dan car deck. Salah satu penyebab kebakaran di kamar mesin diakibatkan oleh adanya kebocoran pada sambungan pipa *manifold* gas buang. Hal itu disebabkan karena kurangnya mutu pemeliharaan dan pengawasan yang dilakukan. Salah satu kelengkapan sistem pemadam kebakaran di kapal yang berperan serta dalam mencegah atau mengatasi kebakaran adalah sistem pemadam kebakaran yang terdiri dari *springkler* dan *hydrant* yang harus tersedia di setiap kapal.

Berdasarkan permasalahan yang dipaparkan di atas, telah dilakukan penelitian [1], dan didapatkan 16 risiko pada 9 titik studi di sistem pemadam utama kapal.

Berdasarkan penelitian di atas, maka penulis akan mengadakan penelitian kuantitatif mengenai **“Penilaian Risiko Sistem Instalasi Pemadam Kebakaran Di Kapal Dengan Menggunakan Metode *Formal Safety Assessment (FSA)*”** untuk mendapatkan nilai keandalan dan keuntungan dari penanggulangan risiko - risiko yang didapat pada sistem pemadam utama kapal.

### **1.1 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang akan dikemukakan adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana mengetahui jumlah resiko titik *node* pada sistem instalasi pemadam kebakaran di kapal
- 2) Bagaimana menentukan tingkat keparahan resiko kerusakan yang ada pada sistem pemadam kebakaran di kapal.
- 3) Seberapa besar tingkat resiko yang ada disistem pemadam kebakaran di kapal
- 4) Solusi apa yang dapat diberikan terhadap resiko kegagalan yang teridentifikasi agar dapat dikurangi bahkan dihilangkan

### **1.2 Batasan Masalah**

Agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terarah maka peneliti memberikan batasan masalah yaitu sebagai berikut:

- 1) Penilaian resiko pada sistem instalasi pemadam kebakaran di kapal menggunakan metode *Formal Safety Assessment*
- 2) Data bersumber dari pengamatan langsung dikapal dan wawancara.
- 3) Jenis kapal yang ada pada penelitian ini adalah kapal *Ferry*

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui tingkat resiko terbesar dari akumulasi penilaian resiko sistem instalasi pemadam kebakaran di kapal *Ferry*
- 2) Mengetahui tingkat keandalan dari setiap risiko yang ada pada sistem instalasi pemadam kebakaran di kapal *Ferry*
- 3) Mengetahui nilai keuntungan dari penerapan kontrol risiko pada sistem instalasi pemadam kebakaran di kapal *Ferry*

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui titik – titik resiko sistem pemadam terbesar di kapal
2. Sebagai rekomendasi pengambilan keputusan saat terjadi kegagalan sistem pemadam di kapal.

#### **1.5 Sistematisasi Penulisan**

##### **BAB I: PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi konsep dasar penyusunan skripsi yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematisasi penulisan.

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

Pada bab ini memberikan penjelasan mengenai teori dasar yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini yaitu: cara analisa menggunakan metode *Formal Safety Assessment*, penilain resiko dan materi mengenai sistem pemadam dikapal.

##### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini akan diuraikan waktu dan lokasi penelitian, tahapan atau prosedur penelitian, alat yang digunakan, serta kerangka pikir.

##### **BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan membahas hasil analisa yang diperoleh dari proses analisis data yang telah diperoleh dari hasil wawancara langsung.

##### **BAB V: PENUTUP**

Bab ini akan menyajikan secara singkat kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan juga memuat saran-saran bagi pihak yang berkepentingan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. *Fire Fighting And Safety* (Pemadam Kebakaran Dan Keamanan)**

Kebakaran adalah salah satu resiko bahaya yang ada di laut. Kebakaran menghasilkan lebih banyak kerugian di kapal dibandingkan bahaya lain. Hampir semua kebakaran adalah hasil dari kelalaian atau kecerobohan. Pembakaran terjadi ketika gas atau uap dilepaskan oleh suatu zat dinyalakan: itu adalah gas yang dilepaskan dari hasil pembakaran, bukan substansi. Dimana suhu zat gas yang muncul menimbulkan api yang terus menerus terbakar dikenal sebagai 'titik nyala'. Kebakaran terjadi ketika adanya hasil dari kombinasi tiga faktor:

1. Suatu zat yang akan terbakar.
2. Sumber pengapian.
3. Pasokan oksigen, biasanya dari udara.

Kebakaran diklasifikasikan menurut jenis material yang bertindak sebagai bahan bakar. Klasifikasi ini juga digunakan untuk alat pemadam dan itu penting untuk menggunakan klasifikasi pemadam api yang benar, untuk hindari menyebarkan api atau menciptakan bahaya tambahan. Klasifikasi menggunakan huruf A, B, C, D dan E.

1. Kelas A Api membakar kayu, serat kaca, kain pelapis dan perabotan.
2. Kelas B Api membakar cairan seperti minyak pelumas dan bahan bakar.
3. Kelas C Api membakar bahan bakar gas seperti gas minyak cair

4. Kelas D Kebakaran yang membakar logam yang mudah terbakar seperti magnesium dan aluminium.
5. Kelas E Kebakaran membakar salah satu bahan di atas bersama dengan tinggi listrik tegangan.

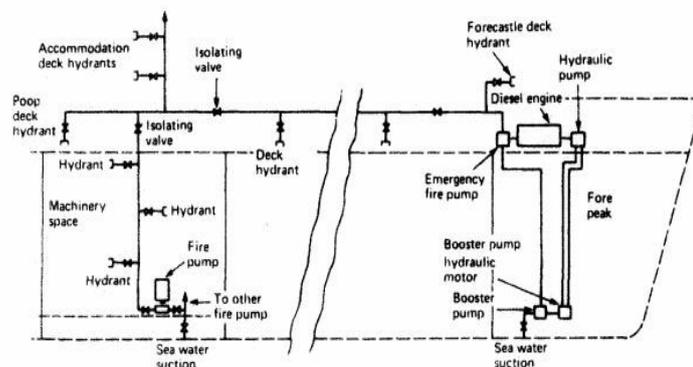
Banyak alat pemadam kebakaran akan memiliki beberapa klasifikasi seperti A, B dan C.

## 2.2. Sistem Instalasi Tetap Di Kapal.

Berbagai instalasi pemadam kebakaran tetap yang berbeda, beberapa yang secara khusus dirancang untuk jenis kapal tertentu. Adapun instalasi yang lebih umum digunakan sekarang seperti dibawah ini:

### 1. *Fire Main* (Pemadam Utama)

Sistem pasokan air laut untuk memhingdupkan hidran dipasang ke setiap kapal (Gambar 2.5). Beberapa pompa di ruang mesin akan diatur untuk memasok sistem, jumlah dan kapasitas ditentukan oleh aturan klasifikasi. Pompa pemadam darurat juga akan ditempatkan jauh dari ruang mesin dan ditempatkan terpisah.



Gambar 2.1. *Fire Main*

Sebuah sistem *outlet hydrant*, masing-masing dengan katup isolasi berada sekitar kapal dan selang dengan konektor *snap-in* yang tepat ditempatkan secara strategis bersama dengan nozel. Nosel ini biasanya dari jenis jet / semprotan yang menyediakan tipe debit yang diperlukan. Dengan wilayah kerja kapal di laut, dan

pasokan laut yang konstan air dapat dibawa ke titik manapun untuk memadamkan api.

Sedangkan air laut paling baik digunakan sebagai pemadam api dalam memerangi kebakaran Kelas A. kemungkinan, jika penggunaan alat pemadam lain gagal untuk memadamkan kebakaran Kelas B. Jet/semprotan nosel akan disesuaikan untuk menyediakan semprotan air yang bagus, yang bisa bermain di atas api untuk memadamkan tanpa penyebaran api.

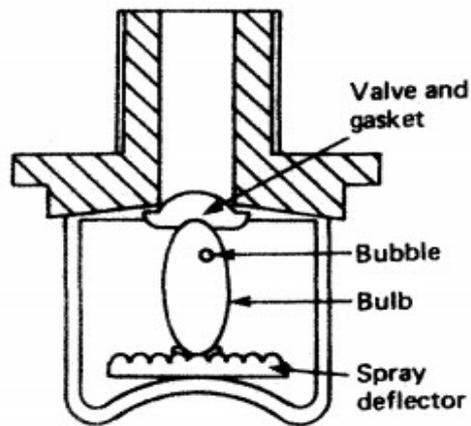
flens yang digunakan pada hydrant berukuran standar yang dilengkapi dengan kopling yang cocok untuk selang. Flens dipasang agar sesuai dengan selang hydrant yang ada di kapal. Diletakkan disisi kapal dan memungkinkan air dibawa ke atas kapal. (D A Taylor, 1983)

## **2. *Automatic water spray***

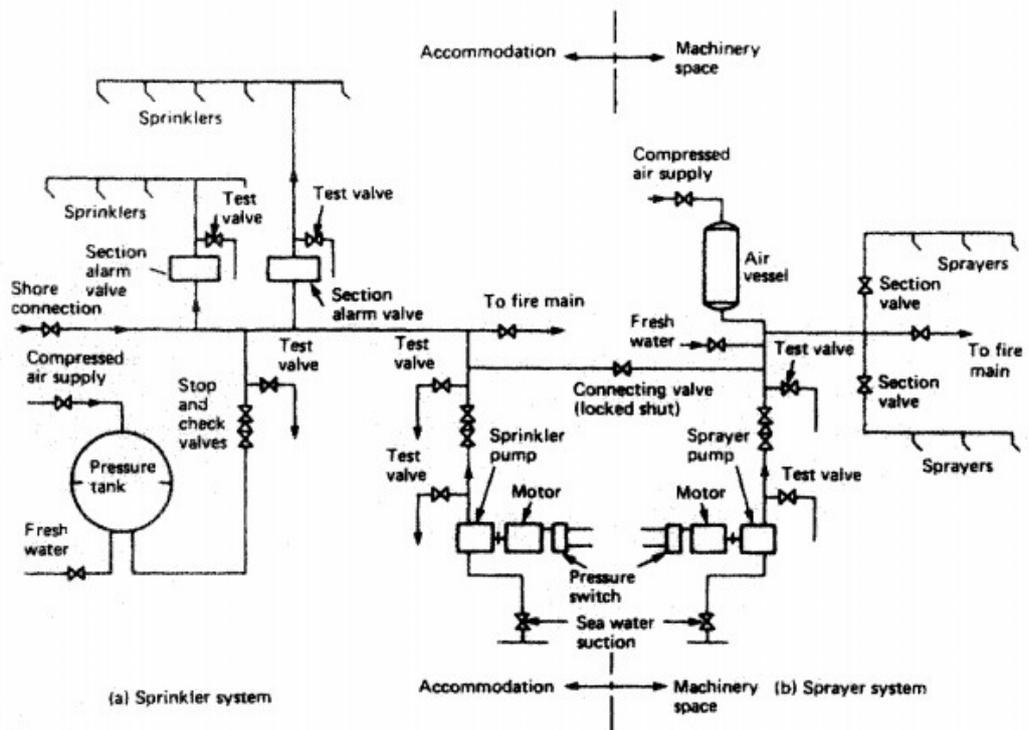
Sistem *automatic spray* atau *sprinkler* menyediakan perlindungan jaringan dari kepala *sprinkler* di seluruh ruang. Sistem ini dapat digunakan di area akomodasi, dan di area permesinan dengan variasi tertentu di peralatan yang digunakan dan metode operasi.

Area akomodasi dilengkapi dengan kepala *sprinkler* yang keduanya mendeteksi dan memadamkan api. Kepala *sprinkler* ditutup oleh *kuarsoid* bohlam yang mengandung cairan yang meluas pada pemanasan (Gambar 2.2). Ketika dipanaskan secara berlebihan, cairan mengembang, menghancurkan bohlam dan akan mengeluarkan dari kepala *sprinkler*. Pelat deflektor menyala sehingga menyebabkan kepala *sprinkler* menyemprotkan air ke area yang luas. Air disuplai awalnya dari tangki bertekanan dengan dimampatkan udara (Gambar 2.3).

Ketika tekanan tangki berkurang, masalah terjadi pada *sprinkler*, pompa memompa secara otomatis untuk menjaga air pasokan selama diperlukan. Sistem ini awalnya diisi dengan air tawar untuk mengurangi efek korosi. (D A Taylor, 1983)



Gambar 2.2. Head Sprinkler



Gambar 2.3 Automatic water spray systems, (a) sprinkler system; (b) sprayer system

Instalasi lengkap dibagi menjadi beberapa bagian, masing-masing berisi sekitar 150 hingga 200 sprinkler dan memiliki katup alarm. Saat satu atau lebih banyak pengoperasian, penyiram air mengalir melalui bagian katup, membunyikan alarm dan juga menyediakan tampilan visual yang mengidentifikasi bagian mengandung api.

Di ruang mesin kepala *sprinkler* dikenal sebagai 'penyemprot' dan tidak memiliki bola kuarsa. Juga bagian katup secara manual dioperasikan untuk memasok air ke penyemprot. Sistem bertekanan udara terkompresi dengan pompa air asin yang diatur untuk digunakan otomatis jika tekanan turun. Akomodasi dan ruang mesin dapat dikombinasikan dengan katup yang biasanya disimpan terkunci atau tertutup. Sistem ini harus diperiksa secara teratur dengan mencoba kondisi diberbagai bagian katup kontrol dengan membuka atau menguji katup , memeriksa alarm audio dan visual.

### **3. *Fire fighting strategy***

Strategi pemadaman kebakaran melawan api di atas kapal mungkin merupakan perjuangan hidup atau mati. Strategi dasar yang harus diikuti dalam semua situasi pemadaman kebakaran. Ini akan melibatkan empat aspek yang berbeda, menempatkan, memberi informasi, mengandung dan memadamkan api.

Api dapat ditemukan oleh perangkat pendeteksi yang dipasang di berbagai ruang di kapal atau hanya dengan mencium atau melihat asap. Personil, harus selalu sadar akan bahaya api dan tanda-tanda yang menunjukkannya. Daerah-daerah tertentu lebih mudah terkena wabah api dan ini harus secara teratur dikunjungi atau diperiksa.

Harus diingat bahwa api ada dalam tiga dimensi dan memiliki enam sisi, karena itu personil harus berada di enam sisi. Api kecil biasanya mudah dipadamkan tetapi bisa juga cepat menjadi api besar, sehingga pemadaman api harus cepat jika perlu efektif. Strategi pemadaman kebakaran akan bervariasi sesuai dengan lokasi api.

### 2.3 Sistem Instalasi Pemadam Di Kapal.

Sistem pemadam kebakaran merupakan sistem yang sangat vital dalam sebuah kapal, sistem ini berguna untuk menanggulangi bahaya api yang terjadi di kapal. Sistem pemadam kebakaran secara garis besar dapat dibagi menjadi dua dilihat dari peletakan sistem yang ada yaitu:

1. Sistem penanggulangan kebakaran pasif, sistem ini berupa aturan kelas mengenai penggunaan bahan pada daerah beresiko tinggi terjadi kebakaran dan juga pemasangan instalasi *fix* pada daerah beresiko kebakaran.
2. Sistem penanggulangan kebakaran aktif, sistem ini berupa penanggulangan kecelakaan yang bersifat lebih aktif misal, penempatan alat pemadam api ringan pada daerah yang beresiko kebakaran. Pada dasarnya prinsip pemadaman adalah memutus “segitiga api” yang terdiri dari panas, oksigen, dan bahan bakar. Sehingga dengan mengetahui hal ini maka dapat dilakukan pemilihan media pemadaman sesuai dengan resiko dan kelas dari kecelakaan tersebut.
  - a) Fungsi Sistem Pemadam Kebakaran adalah untuk penanganan jika terjadi kebakaran di kapal. Maka peralatan yang digunakan, berasal dari sistem pemadam kebakaran. Oleh karena itu, sistem pemadam kebakaran harus bisa menangani kebakaran di setiap bagian kapal.

Sistem pemadam tetap dikapal terbagi atas dua yaitu *hydrant* dan *springkler*, dimana kedua sistem ini berfungsi untuk memadamkan api dikapal, pemadaman api diambil langsung menggunakan air laut melalui beberapa alat. Adapun komponen-komponen alat yang digunakan pada sistem pemadam tetap dikapal menurut Budi Utomo adalah sebagai berikut.

#### 1. Kotak Air Laut (*Sea Chest*)

Kotak laut (*sea chest*) adalah suatu perangkat yang berhubungan dengan air laut yang menempel pada sisi dalam dari pelat kulit kapal yang berada dibawah permukaan air dipergunakan untuk mengalirkan air laut kedalam kapal sehingga kebutuhan sistem air laut (*Sea water system*) dapat dipenuhi.

## **2. Saringan (*Strainer*)**

*Strainer* adalah suatu alat berbentuk kotak atau silinder yang biasanya dipasang pada pipa ke mesin induk, pipa ke mesin bantu atau pada *pipa by pass*. Alat ini berfungsi sebagai jebakan kotoran dari laut, dalam *strainer* tersebut dipasang filter.

Kotoran tersebut bila tidak tersaring dan diendapkan pada *strainer* akan masuk ke dalam sistem air laut dalam kamar mesin dan lain-lain. Pada periode waktu tertentu *strainer* harus dibuka untuk dibersihkan bersama dengan filternya. Penampang *strainer* kurang lebih 1,5 sampai dengan 2 kali penampang pipanya.

## **3. Pipa induk (*By Pass Pipe*)**

*Pipa by pass* dipergunakan untuk saling menghubungkan antara *sea chest* yang satu dengan *sea chest* yang lain, dengan tujuan dapat membantu suplai air laut ke tempat tertentu dari satu sistem, bila salah satu sistem mengalami kesulitan atau hambatan dalam suplai air laut.

Diameter *pipa by pass* biasanya cukup besar, sebab harus dapat mengganti menyalurkan air laut sebanyak jumlah pipa isap dalam *sea chest* tersebut. Atau digunakan saat pemindahan penggunaan saat kapal berlayar dari perairan dalam masuk ke perairan yang dangkal, sehingga harus menggunakan *sea chest* samping.

## **4. Katup (*Valve*)**

Semua sistem perpipaan dalam kamar mesin selalu dilengkapi dengan *valve* yang berfungsi sebagai pintu untuk membuka dan menutup aliran air laut, sebagai pengaman pula bila suatu saat aliran air harus dipompa karena kebocoran, atau karena untuk pemadam kebakaran dan lain-lain. Untuk ukuran *valve* harus disesuaikan dengan ukuran pipanya.

## **5. Pompa utama (*General Service Pump*)**

Kegunaan pompa pemadam kebakaran ini dimanfaatkan untuk memompa atau menghisap air dari *sea chest* untuk disalurkan ke pipa hydrant kemudian di

distribusi ke *hydrant pillar* untuk *outdoor* dan *hydrant valve* untuk indoor dan juga aliran didistribusikan ke *springkler*. *Fire pump* ini dimanfaatkan oleh tim pemadam kebakaran (*fire brigade*) ketika terjadi kebakaran. Biasanya pompa pemadam kebakaran membutuhkan waktu minimal 30 menit untuk dapat mengalirkan air keseluruh pipa *hydrant* dan *Springkler* dapat digunakan untuk memadamkan kebakaran. Pompa untuk pompa pemadam kebakaran setidaknya memiliki 2 buah pompa dengan penggerak sendiri. Untuk kapal kurang dari 1000 GT hanya memerlukan 1 buah pompa pemadam kebakaran. Pada setiap ruang mesin dari kapal yang terdapat *ballast*, *bilge* atau pompa air lainnya, diharuskan untuk membuat hubungan antara salah satu pompa diatas dengan sistem pemadam kebakaran.

#### **6. Pompa pemdadam bantu (*Emergency Fire Pump*)**

*Sign 'Emergency Fire Pump'* berfungsi sebagai tanda adanya pompa pemadam darurat yang hanya diaktifkan apabila terjadi kebakaran. *Emergency Fire Pump* merupakan salah satu alat pemadam kebakaran yang wajib ada di kapal dan harus berdiri independen menggunakan sumber energi sendiri. Dapat diletakkan di *steering gear room* atau dekat dengan akses jalan dari ruang akomodasi ke kamar mesin. *Sign* ini biasanya dipasang dekat pompa pemadam darurat. Pompa ini diaktifkan ketika pompa pemadam utama kebakaran mengalami tekanan aliran yang rendah atau tidak berfungsi sama sekali.

#### **7. *Hydrant***

*Hydrant* adalah alat pemadam kebaran yang diletakkan di atas ruang muat, dan digunakan di *deck*, di atas ruang muat yang ada dikapal. *Hydrant* harus dilengkapi dengan hose atau selang, untuk menyembrotkan air ke sumber api.

Hidran harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga air dari dua nozel keluar secara bersamaan, salah satunya adalah dari satu selang panjang, dapat mencapai setiap bagian dari kapal yang mana penumpang dan kru biasanya memiliki akses selama perjalanan, setiap bagian dari ruang kargo kosong, Di ruang *ro-ro* atau ruang kendaraan itu harus dimungkinkan untuk mencapai bagian manapun dengan

air dari dua nosel secara bersamaan, masing-masing dari selang satu panjang. Di kapal penumpang setiap bagian dari akomodasi, ruang layanan dan mesin harus mampu dijangkau dengan air dari setidaknya dua nosel, salah satunya adalah dari satu selang panjang, ketika semua pintu kedap air dan semua pintu utama *bulkheads* zona vertikal ditutup.

## **8. *Sprinkler***

*Sprinkler* adalah alat yang menggantung di langit-langit tiap deck, dengan sistem perpipaan yang menyebar di tiap deck. *Sprinkler* merupakan alat *detector* otomatis yang mendeteksi adanya asap dan api di bagian tertentu di kapal dan dapat menyemprotkan air ketika terjadi kebakaran.

Peraturan instalasi sprinkler lainnya adalah temperatur operasi pada kepala *sprinkler* berkisar antara 57°C atau 68°C. Salah satu tipe sistem *sprinkler* juga bekerja layaknya *heat detector* yang mendeteksi adanya kenaikan temperatur pada kepala sprinkler sehingga jika melewati temperatur setting, sistem *sprinkler* akan aktif. (Budi Utomo).

### **2.4 *Hazard Operability (HAZOP)***

*The Hazard and Operability Study (HAZOP)* adalah standar teknik analisis bahaya yang digunakan dalam persiapan penetapan keamanan dalam suatu sistem baru atau modifikasi untuk suatu keberadaan potensi bahaya atau masalah *operability* nya. *HAZOP* adalah suatu metode identifikasi bahaya yang sistematis teliti dan terstruktur untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang mengganggu jalannya proses dan risiko yang terdapat pada suatu peralatan yang dapat menimbulkan risiko merugikan bagi manusia/ fasilitas pada sistem. Dengan kata lain metode ini digunakan sebagai upaya pencegahan sehingga proses yang berlangsung dalam suatu sistem dapat berjalan lancar dan aman (Juniana, 2008).

Munawir (2010) mendefinisikan *HAZOP* berasal dari kata *hazard* dan *operability studies* sebagai berikut:

## 1. *Hazard*

Kondisi fisik yang berpotensi menyebabkan kerugian, kecelakaan, bagi manusia, dan atau kerusakan alat, lingkungan atau bangunan.

### 2.4 *Operability Studies*

Beberapa bagian kondisi operasi yang sudah ada dan dirancang namun kemungkinan dapat menyebabkan *shutdown*/ menimbulkan rentetan insiden yang merugikan perusahaan.

Tujuan penggunaan *HAZOP* sendiri adalah untuk meninjau suatu proses atau operasi pada suatu sistem secara sistematis untuk menentukan apakah proses penyimpangan dapat mendorong kearah kejadian atau kecelakaan yang tidak diinginkan. *HAZOP* secara sistematis mengidentifikasi setiap kemungkinan penyimpangan (*deviation*) dari kondisi operasi yang telah ditetapkan dari suatu *plant*, mencari berbagai faktor penyebab (*cause*) yang memungkinkan timbulnya kondisi abnormal tersebut, dan menentukan konsekuensi yang merugikan sebagai akibat terjadinya penyimpangan serta memberikan rekomendasi atau tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak dari potensi risiko yang telah berhasil diidentifikasi (Munawir, 2010).

#### 2.4.1 Identifikasi *Hazard* dengan *HAZOP worksheet*

Langkah-langkah untuk melakukan identifikasi *hazard* dengan menggunakan *HAZOP worksheet* dan *Risk Assessment* adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui urutan proses yang ada pada area penelitian.
2. Mengidentifikasi *hazard* yang ditemukan pada area penelitian.
3. Melengkapi kriteria yang ada pada *HAZOP worksheet* dengan urutan sebagai berikut:
  - a. Mengklasifikasikan *hazard* yang diketemukan (sumber *hazard* dan frekuensi temuan *hazard*).
  - b. Mendeskripsikan *deviation* atau penyimpangan yang terjadi selama proses operasi.
  - c. Mendeskripsikan penyebab terjadinya penyimpangan (*cause*)

- d. Mendeskripsikan apa yang dapat ditimbulkan dari penyimpangan tersebut (*consequences*).
- e. Menentukan *action* atau tindakan sementara yang dapat dilakukan.
- f. Risiko (*risk assessment*) yang timbul dengan mendefinisikan kriteria *likelihood* dan *consequences (severity)*. Kriteria *likelihood* yang digunakan adalah frekuensi. Kriteria *consequences (severity)* yang digunakan adalah akibat apa yang akan diterima pekerja yang didefinisikan secara kualitatif dan mempertimbangkan hari kerja yang hilang.
- g. Melakukan perankingan dari *hazard* yang telah diidentifikasi menggunakan *worksheet HAZOP* dengan memperhitungkan *likelihood* dan *consequence*, kemudian menggunakan *risk matrix* untuk mengetahui tingkat resiko *hazard*.
- h. Merancang perbaikan untuk risiko yang memiliki level "Ekstrim", kemudian melakukan rekomendasi perbaikan untuk proses. (Bayu Nugroho Pujiono).

Adapun kriteria *Likelihood* berdasarkan AS/NZS 4360:2004 yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1. Kriteria *Likelihood*

<b><i>Likelihood</i></b>			
<b><i>Level</i></b>	<b><i>Criteria</i></b>	<b><i>Description</i></b>	
		<b>Kualitatif</b>	<b>Kuantitatif</b>
1	Jarang terjadi	Dapat dipikirkan tetapi tidak hanya saat keadaan	Kurang dari 1 kali per 10 tahun
2	Kemungkinan kecil	Belum terjadi tetapi bisa muncul / terjadi pada	Terjadi 1 kali per 10 tahun
3	Mungkin	Seharusnya terjadi dan mungkin telah terjadi / muncul disini atau di	1 kali per 5 tahun sampai 1 kali per tahun
	Kemungkinan besar	Dapat terjadi dengan mudah, mungkin muncul dalam keadaan yang	Lebih dari 1 kali per tahun hingga 1 kali perbulan
5	Hampir pasti	Sering terjadi, diharapkan muncul dalam keadaan yang paling banyak terjadi	Lebih dari 1 kali per bulan

Adapun kriteria *Consequences/ Severity* berdasarkan AS/NZS 4360:2004 yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Kriteria *Consequences/ Severity*

Level	Deskriptor	Deskripsi
1	<i>Insignificant</i>  (Sangat Kecil)	Sistem beroperasi dengan aman, terjadi sedikit gangguan peralatan tidak berarti
2	<i>Minor</i> (Kecil)	Sistem tetap beroperasi, kegagalan dapat mengakibatkan sedikit penurunan performa atau kinerja sistem terganggu
3	<i>Moderate</i>  (Sedang)	Sistem dapat beroperasi, kegagalan dapat mengakibatkan mesin kehilangan fungsi utamanya dan dapat menimbulkan kegagalan produk
4	<i>Major</i>  (Kemungkinan Besar)	Sistem tidak dapat beroperasi, kegagalan dapat menyebabkan terjadinya banyak kerusakan fisik dan sistem, dapat menimbulkan kegagalan produk, dan atau tidak memenuhi peraturan keselamatan kerja.
5	<i>Catastrophic</i>  (Bencana Besar)	Sistem tidak layak operasi, keparahan yang sangat tinggi bila kegagalan mempengaruhi sistem yang aman, melanggar peraturan keselamatan kerja

#### 2.4.2 Penilaian Resiko ( *Risk Assesment* )

Sebuah penilaian risiko adalah proses mencari bahaya yang memiliki potensi untuk menyakiti orang, pada obyek yang digunakan, lingkungan kerja dan / atau proses kerja yang diadopsi. Beberapa risiko lain hanya terlihat jelas dan dapat dipahami ketika tugas kerja diamati. Penggunaan matriks risiko membantu

untuk lebih memahami keparahan risiko yang pada gilirannya memungkinkan manajer untuk memprioritaskan yang Bahaya untuk mengatasi pertama. Matriks risiko memerlukan manajer untuk mempertimbangkan: (Fiki Herdiansah, 2015).

1. Konsekuensi (*consequence*) dari potensi bahaya.
2. Kemungkinan (*likelihood*) merugikan yang terjadi.

Berdasarkan AS/NZS 4360:2004, *Risk Matrix* dapat dikelompokkan dalam Tabel dibawah ini:

Tabel 2.3 *Risk Matrix*

<i>Likelihood</i>	<i>Consquences</i>				
	<i>Insignificant</i> 1	<i>Minor</i> 2	<i>Moderate</i> 3	<i>Major</i> 4	<i>Catastrophic</i> 5
A (Almost certain)	H	E	E	E	E
B (Likely)	M	H	E	E	E
C (Moderate)	L	M	H	E	E
D (Unlikely)	L	L	M	H	E
E (Rare)	L	L	M	H	H

Berdasarkan AS/NZS 4360:2004, keterangan tingkat resiko pada *Risk Matrix* digolongkan seperti pada Tabel 2.4:

Tabel. 2.4 Tingkat Resiko

Tingkat	Deskripsi
E	<i>Extreme Risk</i> , memerlukan penanggulangan segera atau penghentian kegiatan atau keterlibatan manajemen puncak. Perbaikan sesegera mungkin
H	<i>High Risk</i> , memerlukan pihak pelatihan oleh manajemen, penjadwalan tindakan secepatnya.
M	<i>Moderate Risk</i> , penanganan oleh manajemen terkait
L	<i>Low Risk</i> , kendali dengan prosedur rutin.

Berdasarkan AS/NZS 4360:2004, keterangan tabel nilai kategori resiko pada *Risk Matrix* digolongkan seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel. 2.5 Nilai dan Kategori Resiko

Nilai Resiko	Kategori Resiko
1 - 5	Negligible
6 - 10	ALARP
10 - 25	Intolerable

Setelah menentukan nilai *likelihood* dan *consequences* dari masing-masing sumber potensi bahaya, maka langkah selanjutnya adalah mengalikan nilai *likelihood* dan *consequences* sehingga diperoleh tingkat bahaya (*risk level*) pada *risk matrix* yang

mana nantinya akan digunakan dalam melakukan perangkaan terhadap sumber potensi bahaya yang akan dijadikan acuan sebagai rekomendasi perbaikan apa yang sesuai dengan permasalahan yang ada. Penilaian risiko itu sendiri dilakukan dengan menggunakan *risk matrix*.

Dari *risk matrix* di atas kemudian dapat dihitung skor risiko dan prioritas untuk melakukan tindakan perbaikan. Untuk menghitung skor risiko adalah sebagai berikut:

Skor risiko = *likelihood x consequences*

## **2.5. Formal Safety Assessment**

Formal Safety Assessment (FSA) merupakan suatu metodologi atau proses yang rasional, terstruktur dan sistematis untuk menilai risiko yang berhubungan dengan aktivitas di bidang maritim (pelayaran) dan untuk mengevaluasi biaya (cost) dan manfaat (benefit) dari beberapa pilihan kendali risiko (risk control options), dengan menggunakan risk analysis dan cost benefit assessment (International Maritime Organization,2004). FSA bertujuan untuk mengurangi risiko yang ada, sekaligus meningkatkan keselamatan pelayaran (marine safety), yang mencakup perlindungan terhadap jiwa (life), kesehatan (health), lingkungan perairan (marine environment), dan hak milik (property).

Mula-mula FSA dikembangkan sebagai bagian dari respon/tanggapan terhadap bencana Piper Alfa pada tahun 1988, ketika suatu platform lepas pantai meledak di Laut Utara (North Sea) dan menyebabkan tewasnya 167 orang. Kini, FSA diterapkan oleh International Maritime Organization (IMO 2002) dalam proses penyusunan aturan/keputusan di bidang maritim, yang berhubungan dengan implementasi prinsip-prinsip manajemen risiko dan keselamatan. IMO menggunakan FSA sebagai alat untuk:

1. Membantu dalam evaluasi terhadap peraturan-peraturan baru mengenai keselamatan di bidang maritim dan perlindungan terhadap lingkungan

perairan;

2. Membuat suatu perbandingan antara peraturan-peraturan yang sudah ada dengan peraturan-peraturan yang telah diperbaiki, dengan maksud untuk mencapai keseimbangan antara berbagai persoalan teknis dan operasional, mencakup unsur manusia, keselamatan di bidang maritim, perlindungan terhadap lingkungan perairan dan biaya yang harus dikeluarkan;
3. Menyadarkan si-pengambil-keputusan akan pengaruh dari perubahan aturan yang diusulkan terhadap manfaat yang diperoleh (misal berkurangnya korban jiwa atau polusi seperti yang diharapkan) dan biaya-biaya terkait yang dikeluarkan oleh industri secara keseluruhan dan oleh pihak lain secara individu sebagai pengaruh dari keputusan tersebut.

Sebelum melakukan proses FSA, diperlukan pemahaman terhadap beberapa istilah berikut ini:

1. **kecelakaan (*accident*)**: suatu peristiwa/kejadian yang tidak diharapkan, yang mengakibatkan kematian, cedera/kerugian, kehilangan atau kerusakan kapal, kehilangan atau kerusakan hak milik lainnya, atau kerusakan lingkungan;
2. **kategori kecelakaan (*accident category*)**: suatu kecelakaan yang Dilaporkan dalam Tabel statistik, menurut sifatnya, misalnya kebakaran, tabrakan, kandas, dan lain lain;
3. **skenario kecelakaan (*accident scenario*)**: suatu urutan peristiwa/kejadian dari awal hingga akhir peristiwa tersebut;
4. **konsekuensi (*consequence*)**: akibat dari suatu kecelakaan;
5. **frekuensi (*frequency*)**: jumlah kejadian tiap satuan waktu (misalnya tiap tahun);
6. **model umum (*generic model*)**: satu set fungsi yang umum untuk semua kapal atau bidang-bidang yang dipertimbangkan;
7. **bahaya (*hazard*)**: suatu potensi yang mengancam hidup manusia, kesehatan,

hak milik atau lingkungan;

8. **kejadian awal sebagai pemicu (*initiating event*):** peristiwa/kejadian pertama yang mengarah pada suatu situasi yang berbahaya atau kecelakaan;
9. **risiko (*risk*):** suatu ukuran potensi kerugian yang dipengaruhi oleh frekuensi kejadian (kejadian per tahun) dan konsekuensi dari kejadian tersebut (efek per kejadian), atau kombinasi dari frekuensi dan dampak yang ditimbulkan dari konsekuensi yang ada;
10. **analisis risiko (*risk analysis*):** proses estimasi kuantitatif melalui teknik evaluasi perancangan yang berbasis risiko secara matematika untuk mengkombinasikan frekuensi dan konsekuensi kejadian;
11. **penilaian risiko (*risk assessment*):** suatu proses sebagai hasil dari analisis risiko (seperti estimasi risiko) yang digunakan untuk mengambil keputusan, baik melalui strategi pengurangan risiko dengan urutan relatifnya maupun melalui perbandingan target risiko;
12. **manajemen risiko (*risk manajemen*):** cara-cara yang digunakan untuk merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengontrol aset dan aktivitas organisasi, yang dapat meminimalkan efek kerugian bagi operasional dan keuangan organisasi;
13. **pohon kontribusi risiko (*risk contribution tree = RCT*):** kombinasi dari semua pohon kesalahan (*fault trees*) dan pohon kejadian (*event trees*) yang mendasari model risiko;
14. **tindakan untuk mengendalikan risiko (*risk control measure = RCM*):** cara pengendalian suatu elemen tunggal dari risiko;
15. **pilihan untuk mengendalikan risiko (*risk control option = RCO*):** suatu kombinasi dari tindakan-tindakan untuk mengendalikan risiko;
16. **kriteria evaluasi risiko (*risk evaluation criteria*):** kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi keterimaan (*acceptability*) atau kebolehan (*tolerability*) dari risiko.

Selain itu, juga diperlukan perhatian terhadap beberapa hal berikut:

1. ketersediaan data yang memadai diperlukan untuk setiap langkah dari proses FSA;
2. ketika data tidak tersedia, maka pendapat/pertimbangan para-ahli, model fisik, simulasi dan model analitis dapat digunakan;
3. mempertimbangkan data yang ada, misalnya data statistik mengenai korban kecelakaan (*casualty*), korban kehilangan (*deficiency*), serta data berupa laporan peristiwa, kecelakaan yang hampir terjadi dan kegagalan operasional;
4. mengantisipasi data yang berpotensi meningkat karena penggunaan perekam data dengan spesifikasi yang lebih baik;
5. menilai data yang dapat dikumpulkan untuk mengidentifikasi ketidak-pastian dan batasan masalah, dan untuk menilai tingkat kepercayaan dari data tersebut;
6. mempertimbangkan unsur manusia sebagai salah satu aspek terpenting yang terlibat dalam terjadinya kecelakaan dan sekaligus terlibat dalam upaya untuk menghindari kecelakaan, dengan menggunakan teknik yang sesuai dalam menggabungkan faktor-faktor manusia, seperti analisis keandalan manusia (*human reliability analysis = HRA*);
7. mengidentifikasi keterkaitan aturan yang berlaku dengan peristiwa yang terjadi, dengan menggunakan teknik identifikasi bahaya dan analisis risiko (*hazard identification and risk analysis techniques*), seperti *fault tree analysis*, *event tree analysis*, *failure mode and effect analysis (FMEA)*, *hazard and operability studies (HAZOP)*, *what if analysis technique*, dan *risk contribution tree (RCT)*.

Peninjauan-ulang data historis sebagai suatu persiapan untuk studi yang lebih terperinci, dengan menggunakan suatu matriks kerugian (*loss matrix*).

Proses FSA diawali dengan pendefinisian masalah, kemudian diikuti lima langkah proses dan diakhiri dengan penyajian hasil proses tersebut.

### Pendefinisian Masalah

Tujuan dari pendefinisian masalah adalah untuk menggambarkan masalah secara benar berdasarkan analisis yang berhubungan dengan peraturan yang sedang ditinjau-ulang atau yang sedang dikembangkan. Pendefinisian masalah harus sesuai dengan pengalaman operasional dan persyaratan yang berlaku dengan mempertimbangkan semua aspek yang relevan.

Aspek yang dapat dianggap relevan untuk tinjauan terhadap suatu kapal, antara lain:

1. kategori kapal (misalnya jenis, panjang atau kisaran GT, baru atau lama, jenis muatan);
2. system atau fungsi kapal (misalnya tata-ruang, subdivisi, jenis pendorongan);
3. operasi kapal (misalnya operasi di dalam pelabuhan dan/atau selama pelayaran);
4. pengaruh eksternal pada kapal (misalnya sistem lalu-lintas kapal, cuaca, laporan, rute);
5. kategori kecelakaan (misalnya tabrakan, ledakan, kebakaran); dan
6. risiko yang dihubungkan dengan konsekuensi (seperti cedera/kerugian dan/atau kematian pada penumpang dan awak kapal, dampak terhadap lingkungan, kerusakan pada kapal atau fasilitas pelabuhan, atau dampak terhadap perdagangan).

Secara umum, masalah yang dibahas harus ditandai oleh sejumlah fungsi. Contohnya, untuk masalah pada suatu jenis kapal, fungsi-fungsi tersebut meliputi pengangkutan muatan, komunikasi, tanggapan terhadap keadaan darurat, kemampuan manuver, dan lain lain. Lain halnya, jika masalahnya berhubungan dengan suatu jenis bahaya (kategori kecelakaan), contohnya kebakaran, maka fungsi-fungsi tersebut meliputi pencegahan, pendeteksian, alarm, pelokalisiran, jalan keluar, pemadaman, dan lain lain.

Dalam menerapkan FSA, suatu model umum (*generic model*) perlu didefinisikan untuk menjelaskan fungsi, fitur, karakteristik dan atribut yang umum untuk

semua kapal atau bidang yang relevan terhadap persoalan yang menjadi permasalahan. Model umum tidak boleh dipandang sebagai suatu kapal secara individu, tetapi lebih sebagai suatu kumpulan dari sistem-sistem yang terintegrasi, meliputi organisasi, manajemen, operasional, manusia, elektronik dan aspek-aspek perangkat keras, lingkungan, yang memenuhi fungsi yang didefinisikan. Hasil keluaran dari pendefinisian masalah terdiri dari: pendefinisian masalah dan pengaturan batasan-batasan; serta pengembangan suatu model umum.

### Langkah 1 - FSA

**Identifikasi bahaya (*hazard identification*)**, berupa suatu daftar dari semua skenario kecelakaan yang relevan dengan penyebab-penyebab potensial dan akibat-akibatnya, sebagai jawaban dari pertanyaan “kesalahan apa yang mungkin dapat terjadi?”.

Tujuan dari langkah ke-1 adalah untuk mengidentifikasi daftar bahaya dan kumpulan skenario yang prioritasnya ditentukan oleh tingkat risiko dari masalah yang sedang dibahas. Tujuan ini dapat dicapai dengan menggunakan teknik-teknik standard untuk mengidentifikasi bahaya yang berperan dalam kecelakaan, dengan menyaring bahaya-bahaya ini melalui suatu kombinasi dari data dan pendapat yang ada, dan dengan meninjau-ulang model umum yang telah dibuat saat pendefinisian masalah.

Pendekatan yang digunakan untuk identifikasi bahaya, umumnya merupakan kombinasi dari kreatifitas dan teknik analitik, yang tujuannya untuk mengidentifikasi semua bahaya yang relevan. Analisis kasar dari penyebab dan akibat dari tiap kategori kecelakaan dengan menggunakan teknik tertentu, seperti *fault tree analysis*, *event tree analysis*, *failure mode and effect analysis* (FMEA), *hazard and operability studies* (HAZOP), *what if analysis technique*, dan *risk contribution tree* (RCT), yang dipilih sesuai dengan masalah yang dibahas.

Pengidentifikasian bahaya dan gabungan skenario yang relevan terhadap masalah yang dibahas harus diurut sesuai prioritasnya (*di-ranking*) sehingga dapat

menghilangkan penilaian skenario yang tidak terlalu berpengaruh. Urutan tingkatan dilakukan dengan menggunakan data yang tersedia dan didukung oleh pendapat/penilaian terhadap skenario tersebut. Selain itu, frekuensi dan konsekuensi dari hasil skenario memerlukan penilaian. Penyajian dari penilaian frekuensi dan konsekuensi yang telah diurutkan ini berupa suatu matriks risiko (risk matrix), seperti dalam gambar 3, dimana frekuensi dan kategori konsekuensi yang digunakan harus terdefinisi dengan jelas. Kombinasi dari suatu frekuensi dan suatu kategori konsekuensi mewakili suatu tingkat risiko. Sedangkan untuk mendefinisikan frekuensi dan kategori konsekuensi.

Dirumuskan bahwa

$$\text{Risk} = \text{Probability} \times \text{Consequence}$$

Hasil keluaran dari langkah 1 terdiri dari:

1. Daftar bahaya dan skenario yang berhubungan dengan bahaya tersebut, dengan prioritas berdasarkan tingkat risikonya; serta
2. Deskripsi penyebab dan pengaruh dari bahaya tersebut.

### Langkah 2 - FSA

**Penilaian risiko (risk assessment)**, berupa evaluasi terhadap faktor- faktor risiko, sebagai jawaban dari pertanyaan “seberapa parah dan bagaimana mungkin terjadi?”.

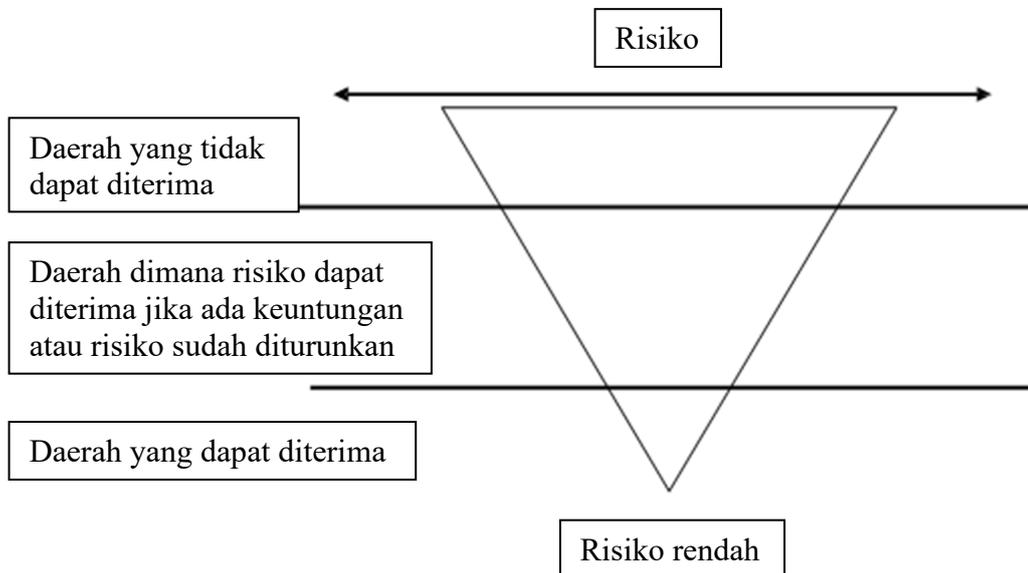
Tujuan dari analisis risiko dalam Langkah ke-2 ini adalah untuk

1. Menyelidiki secara terperinci mengenai penyebab dan konsekuensi dari *scenario* yang telah diidentifikasi dalam Langkah ke-1; serta
2. Mengidentifikasi dan mengevaluasi factor-faktor yang mempengaruhi tingkat risiko.

Tujuan tersebut dapat dicapai dengan menggunakan Teknik yang sesuai dengan model risiko yang dibuat dan perhatian difokuskan pada risiko yang dinilai tinggi. Nilai yang dimaksud adalah tingkat (level) risiko, yang dapat dibedakan menjadi

1. Risiko yang tidak dapat dibenarkan atau diterima, kecuali dalam keadaan yang luar biasa (*intolerable*);
2. Risiko yang telah dibuat sangat kecil sehingga tidak perlu Tindakan pencegahan lebih lanjut (*negligible*);
3. Risiko yang levelnya berada diantara *intolerable* dan *negligible level* (*as low as reasonably practicable* = ALARP), dimana konsep ALARP sering diilustrasikan.
4. Konstruksi dan quantifikasi/perhitungan dari Teknik penilaian risiko standard yang digunakan untuk suatu model risiko dapat berupa pohon kesalahan (*fault trees*), pohon peristiwa/kejadian (*event trees*). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data kecelakaan dan kegagalan serta sumber informasi lain, yang disesuaikan dengan tingkatan (*level*) dari analisis.

Hasil keluaran dari Langkah ke-2, berupa penyampaian identifikasi mengenai risiko yang dinilai tinggi. Gambar 2.4. memberikan 3 klasifikasi risiko yang berbentuk piramida terbalik, pada tingkat pertama (paling bawah) adalah daerah yang risikonya dapat diterima. Di tingkat kedua daerah dengan risiko sedang yang memerlukan pengawasan dan Analisa apakah risiko ini hanya perlu dilakukan pengawasan atau perlu untuk diturunkan tingkat risikonya pada tingkat risiko yang dapat diterima. Untuk tingkat risiko ketiga yang mempunyai risiko tinggi maka penurunan tingkat risiko pada tingkat yang lebih rendah harus dilakukan.



Gambar 2.4 Konsep Segitiga ALARP (IACS, 2004)

### Langkah 3-FSA

**Pilihan dalam pengendalian risiko (*risk control options* = RCOs),** berupa perencanaan tindakan-tindakan pengaturan (*devising regulatory measures*) untuk mengendalikan dan mengurangi risiko yang teridentifikasi, sebagai jawaban dari pertanyaan “dapatkah kesalahan yang terjadi diperbaiki?”.

Tujuan dari langkah ke-3 adalah untuk mengusulkan RCOs yang efektif dan praktis, melalui empat langkah prinsip berikut:

1. Memfokuskan pada risiko yang memerlukan kendali, untuk menyaring keluaran dari Langkah ke-2, sehingga focus hanya pada bidang yang paling memerlukan *control risk*;
2. Mengidentifikasi Tindakan untuk mengendalikan risiko yang potensial (*risk control measures* = RCMs);
3. Mengvaluasi -ulang Langkah ke-2;
4. Mengelompokkan RCMs ke dalam pilihan yang praktis.

Aspek-aspek utama untuk membuat penilaian dalam pemfokusan risiko ini adalah dengan meninjau-ulang tingkat risiko (*risk levels*), peluang kejadian (*probability*), dampak yang diterima (*severity*), dan kepercayaan (*confidence*). Teknik peninjauan-ulang digunakan untuk mengidentifikasi RCMs-baru dari risiko yang tidak dapat dikendalikan dengan tindakan yang ada. Teknik ini dapat mendorong pengembangan tindakan yang sesuai dan meliputi atribut risiko (*risk attributes*) dan rantai penyebab (*causal chains*). Atribut risiko berhubungan dengan “bagaimana suatu tindakan dapat mengendalikan suatu risiko”, sedangkan rantai penyebab berhubungan dengan “di mana kontrol risiko dapat dilakukan”.

Untuk jenis risiko yang berbeda (contohnya risiko terhadap orang, lingkungan atau hak milik) akan berbeda tindakan yang akan diambil, karena pada

dasarnya terdapat dua tindakan terhadap risiko yaitu tindakan perseorangan (*individual risk*) dan tindakan berkelompok (*societal risk*).

Atribut dari tindakan pengendalian risiko (RCMs) dapat dibedakan menjadi

1. Atribut kategori A
  - a. *Preventive risk control*
  - b. *Mitigating risk control*
2. Atribut kategori B
  - a. *Engineering risk control*
  - b. *Inherent risk control*
  - c. *Procedural risk control*
3. Atribut kategori C
  - a. *Dirverse risk control* atau *concertrated risk control*
  - b. *Redundant risk control* atau *single risk control*.

Tujuan utama dari penetapan atribut adalah untuk memfasilitasi suatu proses berpikir yang terstruktur dalam memahami “bagaimana suatu RCM bekerja, bagaimana RCM diterapkan dan bagaimana RCM dapat beroperasi”. Atribut dapat juga dipertimbangkan untuk memberikan petunjuk penerapan dari jenis kontrol

risiko yang berbeda. Banyak risiko akan menjadi hasil dari rantai peristiwa kompleks dan keaneka-ragaman penyebab. Untuk risiko seperti itu, identifikasi RCMs dapat dibantu dengan mengembangkan rantai penyebab yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

Factor penyebab → kegagalan → keadaan → kecelakaan → konsekuensi  
(*causal factor*) → (*failure*) → (*circumstance*) → (*accident*) → (*consequences*)

Secara umum, RCMs digunakan untuk satu atau lebih hal berikut:

1. Mengurangi frekuensi kegagalan melalui desain, prosedur, kebijakan organisasi, pelatihan, dll. Yang lebih baik;
2. Mengurangi efek kegagalan, untuk mencegah kecelakaan;
3. Mengurangi keadaan yang memungkinkan terjadinya kegagalan; dan
4. Mengurangi konsekuensi kecelakaan.

Namun, efektivitas pengurangan risiko dari RCMs perlu dievaluasi dengan menggunakan metodologi langkah ke-2, berupa pertimbangan dari segala efek samping yang potensial dari penggunaan RCMs.

RCOs diperoleh dari RCMs, baik melalui pendekatan umum (*general approach*) maupun pendekatan yang terdistribusi (*distributed approach*), yang keduanya berhubungan dengan frekuensi (*likelihood*) dan peningkatan (*escalation*) terjadinya risiko.

Hasil keluaran dari Langkah ke-3 terdiri dari:

1. Nilai efektifitas bidang RCOs dalam mengurangi risiko; dan
2. Daftar entity yang menjadi perhatian dan dipengaruhi oleh RCOs yang teridentifikasi.

#### Langkah 4 - FSA

**Penilaian biaya dan manfaat atau untung-rugi (*cost benefit assessment*)**, berupa penentuan kegunaan secara ekonomi (*cost effectiveness*) dari tiap pilihan dalam pengendalian risiko, sebagai jawaban dari pertanyaan “kerugian apa yang akan dialami dan seberapa banyak biaya yang diperlukan untuk memperbaikinya?”;

Tujuan dari langkah ke-4 adalah untuk mengidentifikasi serta membandingkan manfaat dan biaya dari pelaksanaan tiap RCOs yang diidentifikasi dalam langkah ke-3.

Biaya (*costs*) harus dinyatakan dalam biaya siklus hidup (*life cycle costs*), yang meliputi masa awal (*initial*), beroperasi (*operating*), pelatihan (*training*), pemeriksaan (*inspection*), sertifikasi (*certification*), penonaktifan (*decommission*), dll. Sedangkan manfaat (*benefits*) dapat meliputi pengurangan dalam hal kematian (*fatalities*), cedera/kerugian (*injuries*), kecelakaan (*casualties*), kerusakan lingkungan dan pembersihan (*environmental damage & clean-up*), ganti-rugi (*indemnity*) oleh pihak ketiga yang bertanggungjawab, dan suatu peningkatan umur rata-rata (*average life*) dari kapal.

Hasil keluaran dari Langkah ke-4 terdiri dari:

1. Biaya dan manfaat untuk tiap RCO yang diidentifikasi dalam Langkah ke-3;
2. Biaya dan manfaat untuk entitas-entitas yang menjadi perhatian (yang paling dipengaruhi oleh masalah; dan
3. Kegunaan secara ekonomi yang dinyatakan dalam indeks yang sesuai.

#### Langkah 5 - FSA

**Rekomendasi untuk pengambilan keputusan (decision making recommendations)**, berupa informasi mengenai bahaya yang dimiliki, berhubungan dengan risiko dan kegunaan secara ekonomi (*cost effectiveness*) dari alternatif pilihan dalam pengendalian risiko yang ada, sebagai jawaban dari pertanyaan “tindakan apa yang harus diambil?”.

Tujuan dari langkah ke-5 adalah untuk mendefinisikan rekomendasi yang harus diberikan kepada si-pengambil-keputusan, dengan suatu cara yang dapat diaudit dan dapat dilacak. Rekomendasi didasarkan pada

1. Perbandingan dan pengurutan tingkat dari semua bahaya dan penyebabnya;
2. Perbandingan dan pengurutan tingkat dari pilihan kendali risiko sebagai fungsidarigabungan biaya dan manfaat; dan

3. Identifikasi dari pilihan kendali risiko yang menjaga risiko serendah mungkin sehingga masuk-akal untuk dilaksanakan.

Rekomendasi harus diberikan dalam suatu format yang dapat dipahami oleh seluruh pihak, terlepas dari pengalamannya. Penyampaian rekomendasi sebagai hasil dari suatu proses FSA harus diberikan tepat waktu dan memiliki akses ke dokumen pendukung yang relevan dengan suatu mekanisme yang menyertakan komentar.

Hasil keluaran dari Langkah ke-5 terdiri dari:

1. suatu perbandingan secara objektif terhadap pilihan alternatif, berdasarkan pengurangan risiko potensial dan kegunaan secara ekonomi (*cost effectiveness*), sesuai perundang-undangan atau aturan yang sedang ditinjau-ulang atau dikembangkan; dan
2. informasi umpan-balik untuk meninjau-ulang hasil yang diberikan dalam langkah-langkah sebelumnya.