

**SKRIPSI**

**ANALISIS RISIKO KEBAKARAN PADA KAMAR MESIN  
KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE *BOWTIE*  
ANALYSIS**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**CHAERUNISA RHOUDATULJANNAH  
D091191046**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SISTEM  
PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### ANALISA RISIKO KEBAKARAN PADA KAMAR MESIN KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE *BOWTIE* *ANALYSIS*

Disusun dan diajukan oleh

**CHAERUNISA RHOUDATULJANNAH**  
**D091191046**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 01 Desember 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



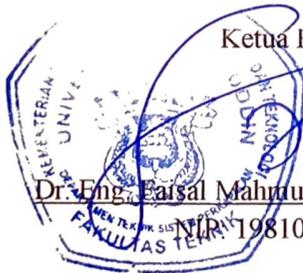
Surya Hariyanto, S.T., M.T.  
NIP: 19710207 200012 1 001

Pembimbing Pendamping,



M. Rusydi Alwi, S.T., M.T.  
NIP: 19730123 200012 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng

NIP: 19810211 200501 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;  
Nama : Chaerunisa Rhoudatuljannah  
NIM : D091191046  
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **“ANALISIS RISIKO KEBAKARAN PADA KAMAR MESIN KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE *BOWTIE ANALYSIS*”**

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, Desember 2023



Yang Menyatakan

Chaerunisa Rhoudatuljannah

## ABSTRAK

**CHAERUNISA RHOUDATULJANNAH.** Analisis Risiko Pada Kamar Mesin Dengan Menggunakan Metode *Bowtie Anaylsis*. (dibimbing oleh Surya Hariyanto dan M. Rusydi Alwi)

Kegagalan sistem pada kamar mesin bisa membahayakan keselamatan kapal, kru, serta penumpang yang ada pada kapal. Menurut Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), dalam kurung waktu 2017-2021 terdapat kurang lebih sebanyak 40 kasus kebakaran yang sumbernya berasal dari kamar mesin dan intensitas kecelakaan kerja pada kapal akibat kebakaran kebanyakan berasal dari kamar mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara penilaian risiko pada kamar mesin dikapal yang dominan dengan menggunakan metode *Bowtie Analysis* sehingga dapat melakukan pencegahan ataupun dapat menghilangkan risiko terjadinya kebakaran pada kamar mesin. Hasil penelitian menunjukkan bawa terdapat 21 permasalahan yang menjadi faktor penyebab utama terjadinya kebakaran pada kamar mesin, kemudian terdapat 3 risiko yang dominan yang termasuk pada kategori tinggi yaitu : *overheating* MCB (1b), *overheating* pada generator (2c), dan *overheating* pada *Exhaust Gas Heater* (9a). dari ketiga risiko tersebut variabel 2c menjadi paling dominan dengan tingkat *likelihood* 2 dan *severity* 2.

Kata Kunci: Kamar Mesin, Analisis Risiko, *Bowtie Analysis*

## **ABSTRACT**

**CHAERUNISA RHOUDATULJANNAH.** *Risk Analysis in the Engine Room Using the Bowtie Analysis Method. (Supervised by Surya Hariyanto and M. Rusydi Alwi)*

*System failures in the engine room can endanger the safety of the ship, its crew, and passengers on board. According to the National Transportation Safety Committee (NTSC), there were approximately 40 cases of fires originating from the engine room during the period from 2017 to 2021. Most work accidents on ships due to fires originated from the engine room. This research aims to assess the dominant risks in a ship's engine room using the Bowtie Analysis method to prevent or eliminate the risk of fires in the engine room. The results revealed that there were 21 issues that primarily contributed to fires in the engine room. Furthermore, three dominant risks fell into the high-risk category: overheating of the MCB (1b), overheating of the generator (2c), and overheating of the Exhaust Gas Heater (9a). Among these risks, variable 2c was the most dominant, with a likelihood level of 2 and a severity level of 2.*

*Keywords: Engine Room, Risk Analysis, Bowtie Analysis*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>3</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>3</b>
1.1. Latar Belakang.....	3
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
<b>TINJUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Risiko.....	7
2.1.1. Definisi Risiko .....	7
2.1.2. Identifikasi Risiko.....	7
2.1.3. Penilaian Risiko .....	8
2.1.4. Pengendalian Risiko .....	11
2.2. Kebakaran.....	12
2.2.1. Definisi Kebakaran .....	12
2.2.2. Sumber Terjadinya Kebakaran .....	12
2.2.3. Klasifikasi Kebakaran.....	14
2.3. Kamar Mesin .....	15
2.4. <i>Bowtie Analysis</i> .....	21
2.4.1. Tahapan <i>Bowtie Analysis</i> .....	22
2.4.2. Keuntungan Penggunaan Metode <i>Bowtie Analysis</i> .....	23
2.5. Uji Keabsahan Instrumen Penelitian .....	23
2.5.1. Uji Validitas.....	24
2.5.2. Uji Reliabilitas .....	26
<b>BAB III.....</b>	<b>29</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
3.2. Tahapan Penelitian .....	30
3.3. Pengumpulan Data.....	30

3.4.	Pengolahan Data.....	31
3.4.1.	Analisis data dan identifikasi variabel risiko .....	31
3.4.2.	Penilaian Risiko ( <i>risk matrix</i> ) .....	31
3.4.3.	Analisis menggunakan <i>Bowtie Analysis</i> .....	32
3.4.4.	Uji Keabsahan Instrumen Penelitian.....	33
3.5.	Kerangka Alur Penelitian .....	34
<b>BAB IV</b>	.....	<b>36</b>
4.1.	Identifikasi Risiko .....	36
4.2.	Penyebaran Kuesioner <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i> .....	37
4.3.	Penilaian Risiko.....	39
4.3.1.	Penilaian Persepsi Terhadap Kemungkinan ( <i>Likelihood</i> ).....	39
4.3.2.	Penilaian Persepsi Terhadap Keparahan ( <i>Severity</i> ) .....	41
4.3.3.	Penggolongan Tingkat risiko .....	43
4.4.	Hasil Pengujian Keabsahan Kuesioner Penilaian Risiko Kebakaran Pada Kamar Mesin Kapal Dengan Metode <i>Bowtie Analysis</i> .....	46
4.4.1.	Hasil Uji Validitas .....	46
4.4.2.	Hasil Uji Reliabilitas .....	48
4.5.	Analisa dengan Menggunakan Metode <i>Bow Tie</i> .....	48
4.5.1.	Penjelasan Diagram Bowtie 1 <i>Overheating</i> pada MCB (1b).....	54
4.5.2.	Diagram <i>Bowtie 2 Overheating</i> Pada Generator.....	56
4.5.3.	Diagram <i>Bowtie 3 Overheating</i> pada Exhaust Gas Buang .....	58
<b>BAB V</b>	.....	<b>61</b>
5.1.	Kesimpulan.....	61
5.2.	Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kemungkinan kejadian ( <i>likelihood</i> ) .....	8
Tabel 2 Tingkat keparahan ( <i>severity</i> ) .....	9
Tabel 3 Klasifikasi Keparahan ( <i>Severity Index</i> ) .....	10
Tabel 4 Matriks Risiko .....	10
Tabel 5 Data Kapal .....	29
Tabel 6 Aspek <i>Hazard Effect</i> .....	36
Tabel 7 <i>Likelihood Index</i> .....	38
Tabel 8 <i>Severity Index</i> .....	38
Tabel 9 Hasil Survei <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i> .....	38
Tabel 10 Penilaian Persepsi Terhadap Kemungkinan .....	40
Tabel 11 Klasifikasi Keparahan .....	43
Tabel 12 Matriks Risiko.....	44
Tabel 13 Hasil Plot Matriks Variabel 1a .....	45
Tabel 14 Hasil Penggolongan Matriks Risiko .....	45
Tabel 15 Hasil Matiks Risiko .....	46
Tabel 16 Uji Validitas kuesioner variabel <i>likelihood</i> .....	47
Tabel 17 Uji validitas kuesioner variabel <i>severity</i> .....	47
Tabel 18 Hasil Uji reliabilitas variabel <i>likelihood</i> dan <i>severity</i> .....	48
Tabel 19 hasil penyebab dan pencegahan <i>Bowtie Analysis</i> .....	52
Tabel 20 Hasil dampak dan mitigasi <i>Bowtie Analysis</i> .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Data Kecelakaan Kapal Dalam Kurung Waktu 5 Tahun.....	3
Gambar 2 Data Sumber Kebakaran Pada Kapal .....	4
Gambar 3 <i>Tetrahedron of Fire</i> .....	13
Gambar 4 <i>Fire Growth Curve</i> .....	13
Gambar 5 Layout kamar mesin .....	15
Gambar 6 <i>Bowtie Representation</i> .....	22
Gambar 9. Proses Wawancara dengan KKM Kapal TB. Anoman IX .....	30
Gambar 10 <i>Flowchart</i> kerangka alur penelitian .....	35
Gambar 11 <i>Flowchart</i> kerangka alur penelitian .....	35
Gambar 12 Diagram <i>bowtie</i> 1 ( <i>Overheating</i> pada MCB).....	49
Gambar 13 Diagram <i>Bowtie</i> 2 ( <i>Overheating</i> pada <i>exhaust gas heater</i> .....	50
Gambar 14 Diagram <i>Bowtie</i> 3 ( <i>Overheating</i> generator).....	51

**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

---

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
$a$	Konstanta penilaian (0 s/d 4)
$n_i$	Probabilitas responden
$i$	0,1,2,3,4,...n
$N$	Total jumlah responden
$r_{xy}$	Koefisien korelasi antara variabel x dan y
$\Sigma xy$	Jumlah perkalian x dan y
$x^2$	Kuadrat dari x
$y^2$	Kuadrat dari y
$n$	Banyaknya pasangan data x dan y
$\Sigma x$	Total jumlah dari variabel x
$\Sigma y$	Total jumlah variabel y
$\Sigma x^2$	Kuadrat dari total jumlah variabel x
$\Sigma y^2$	Kuadrat total jumlah variabel y
$\Sigma xy$	Hasil perkalian dari total jumlah variabel x dan y

---

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner Penelitian .....	65
Lampiran 2 Contoh Pengisian Kuesioner Penilaian <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i> .....	69
Lampiran 3 Uji T tabel .....	71
Lampiran 4 Uji validitas dan reabilitas <i>likelihood</i> .....	72
Lampiran 5 Uji validitas dan reabilitas item <i>severity</i> .....	74
Lampiran 6 Dokumentasi penyebaran kuesioner penilaian risiko kebakaran kepada responden penelitian .....	76
Lampiran 7 Resume data KNKT kebakaran pada kamar mesin .....	81

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat Rahmat dan hidayah-Nya penyusun skripsi yang berjudul “ Analisis Risiko Kebakaran Pada Kamar Mesin Kapal dengan Menggunakan Metode *Bowtie Analysis*” ini dapat diselesaikan guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan pada program studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih atas bantuan yang telah diberikan dari semua pihak dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada :

1. **Tuhan Yang Maha Esa** yang telah memberikan nikmat Kesehatan, kesabaran dan kelancaran dalam proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
2. **Kedua orang tua saya, Ir. Octaviansyah dan drg. Walawati** serta saudara saya **Muh. Rafi Fahrozi S,T dan alm Muh. Rizqi Al Ghifari** dan juga tante saya **Dharmawati**. Terima kasih atas segala kasih sayang yang diberikan dalam membersamakan dan membimbing penulis dapat terus berjuang dalam meraih mimpi dan cita-cita.
3. **Bapak Surya Hariyanto, ST., MT.** selaku pembimbing I dan bapak **M.Rusydi Alwi, ST.MT.** selaku pembimbing II tugas akhir ini atas bimbingan, arahan, dan masukan berharga yang diberikan sepanjang penulisan skripsi ini. Terima kasih juga atas kesabaran dan dorongan yang diberikan dalam menghadapi setiap tantangan.
4. **Bapak Ir. Zulkifli, M.T** selaku penguji I dan **Ibu Hariyanti Rivai, S.T., M.T.,PhD** selaku penguji II yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan tugas akhir penulis.
5. **Seluruh dosen, staff, dan karyawan** Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. **Saudara-saudari KORTNOZZLE19** yang selalu kebersamai dan membantu selama masa perkuliahan ini.

7. **Teman-teman cyng (Aini, Aurel, Dikof, Tenri, dan Dhia)** yang telah kebersamai sejak SMA sampai sekarang dan menyemangati selama pengerjaan skripsi ini.
8. **Teman-teman CCS (Kiky, Sifah, Titah, Yumna, dan Ningsih)** yang saya selalu kebersamai dan membantu sejak SMP sampai sekarang.
9. **Support System Juwita Nurdin S.T, Triana Khadijah Kadri, dan Faridah Huseng** yang telah kebersamai dari maba hingga pengerjaan skripsi yang selalu saya repotkan, serta memberikan semangat, dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini.
10. **Seluruh reponden** yang berpartisipasi dan membantu dalam pengambilan data penelitian ini dan telah meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukannya.
11. **Beserta semua pihak** yang tidak bisa saya tuliskan satu per satu yang telah mendukung dan membantu serta menyemangati dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis berharap kritikan dan saran untuk menutupi kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan dapat menambah wawasan bagi penulis dan pembaca.

Makassar, 1 November 2023

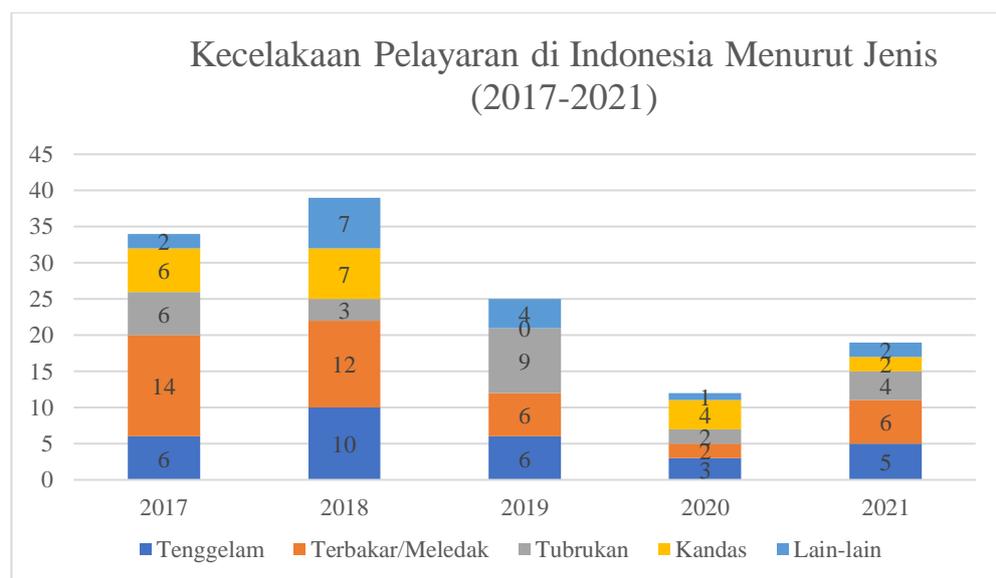
Chaerunisa Rhoudatuljannah

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kapal adalah transportasi air yang digunakan untuk mengangkut penumpang maupun barang dari pulau satu ke pulau lainnya. Menurut UU RI No.12 tahun 1992 tentang pengertian kapal, kapal ialah kendaraan air dengan bentuk dan jenis apapun, digerakkan oleh tenaga mekanik, menggunakan tenaga angin atau ditunda, kapal tergolong jenis kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan dibawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Kamar mesin merupakan ruangan yang berisi mesin serta sistem penggerak yang kompleks, maka ruangan ini sangat penting dan memerlukan perhatian khusus dalam pengoperasiannya. Para awak kapal yang bertanggung jawab atas kamar mesin, wajib memastikan bahwa pada dalam kamar mesin selalu berjalan dengan baik dan *safety* selama kapal berlayar. Kegagalan sistem pada kamar mesin bisa membahayakan keselamatan kapal, kru, serta penumpang yang ada pada kapal.

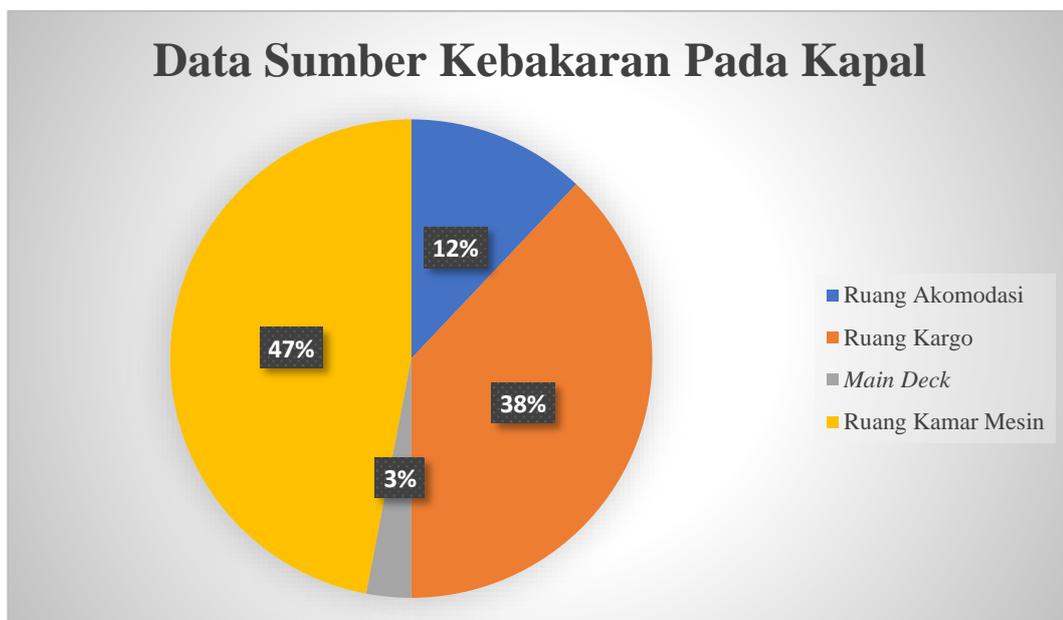


Gambar 1 Data Kecelakaan Kapal Dalam Kurung Waktu 5 Tahun  
Sumber : Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)

Menurut Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), dalam kurung waktu 2017-2021 terdapat kurang lebih sebanyak 129 kasus kecelakaan

pelayaran yang sumber. Berdasarkan gambar 1 diatas menunjukkan bahwa angka kecelakaan kapal yaitu kebakaran memiliki angka yang tinggi dibandingkan dengan jenis kecelakaan lainnya.

Berdasarkan data KNKT yang diperoleh bahwa intensitas kecelakaam kerja pada kapal akibat kebakaran kebanyakan berasal dari kamar mesin. Data KNKT menyebutkan bahwa kecelakaan karena kebakaran di kapal 47% di kamar mesin, 38% di ruang kargo, 12% di ruang akomodasi, dan 3% di ruang dek utama. Hal tersebut dikarenakan banyaknya komponen dan material pada ruang kamar mesin yang dapat menyebabkan kebakaran.



Gambar 2 Data Sumber Kebakaran Pada Kapal  
Sumber : Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)

Dari data dan penjelasan diatas memberikan sebuah urgensi akan diperlukan adanya suatu penelitian untuk menganalisa faktor-faktor yang dapat menyebabkan risiko kebakaran pada ruang kamar mesin. Analisa risiko dalam hal ini sangat dibutuhkan untuk bisa membantu dalam mengurangi dan meminimalisir bahaya kecelakaan kerja akibat kebakaran pada ruang kamar mesin.

Analisis *Bow-Tie* (dasi kupu-kupu) merupakan metode yang menggunakan diagramatis untuk menggambarkan dan menganalisis jalur suatu risiko dari faktor penyebab kegagalan hingga dampak yang akan terjadi (Rheindbolt, 2010). *Bowtie*

*analysis* sebagai metode untuk mengenali suatu ancaman dan kerentanan, lalu menganalisisnya untuk kejadian kecelakaan, dan mengetahui berbagai dampak-dampak yang ditimbulkan dapat dihilangkan ataupun dikurangi dengan menggunakan perhitungan penilaian risiko dan analisa melalui *Software BowtieXp*.

Berdasarkan permasalahan diatas maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Risiko Pada Kamar Mesin Dengan Menggunakan Metode *Bowtie Anaylsis***” Yang akan dilakukan di PT Industri Kapal Indonesia (IKI) Persero yang merupakan galangan besar di Indonesia sehingga memiliki banyak data dan informasi dari kapal yang berada di PT Industri Kapal Indonesia.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaiman cara mengetahui tingkat dominan pada penilaian risiko pada kamar mesin di kapal dengan menggunakan metode *Bowtie Analysis*?
2. Bagaimana upaya yang dapat dilakukan terhadap risiko kegagalan yang teridentifikasi agar dapat mencegah atau meghilangkannya?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui cara penilaian risiko kebakaran pada kamar mesin di kapal yang dominan menggunakan metode *Bowtie Analysis*
2. Mengetahui upaya yang akan dilakukan untuk mencegah atau menghilangkan risiko kebakaran pada kamar mesin di kapal.

## **1.4. Batasan Masalah**

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

1. Penilaian dilakukan pada kamar mesin kapal yang berada di PT IKI, dan PT Pelindo IV.
2. Responden pada penelitian ini dibatasi 30 orang responden.

3. Metode yang digunakan adalah *Bowtie Analysis*.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

1. Agar kru dan perusahaan kapal dapat mengetahui tingkat dominan risiko kebakaran yang ada pada kamar mesin
2. Agar kru dan perusahaan kapal dapat mencegah terjadinya kebakaran yang dapat timbul pada kamar mesin
3. Kru dan perusahaan kapal dapat mengantisipasi jika terjadinya kebakaran pada kamar mesin kapal

## **BAB II TINJUAN PUSTAKA**

### **2.1. Risiko**

#### **2.1.1. Definisi Risiko**

Risiko adalah kejadian yang mengarah kepada ketidakpastian atas suatu peristiwa dalam selang waktu yang tertentu sehingga menyebabkan suatu kerugian baik itu kerugian kecil maupun kerugian besar yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup dari suatu perusahaan (Lokobal, 2014). Risiko merupakan sebuah kombinasi dari probabilitas suatu kejadian dan konsekuensi dari kejadian yang telah terjadi, dengan tidak menutup kemungkinan bahwa adanya konsekuensi lain untuk suatu kejadian, dan konsekuensi bisa merupakan hal yang baik maupun buruk (Sortreed, 2003). Risiko juga didefinisikan sebagai kombinasi dari potensi kejadian atau paparan yang berbahaya dengan tingkat cedera atau penyakit yang disebabkan oleh insiden tersebut. Paparan langsung ataupun tidak langsung. Akibatnya, sangat penting untuk mengidentifikasi risiko, penilaian risiko, dan penentuan pengendalian risiko yang tepat (OHSAS 18001, 2007). Atau diperoleh kesimpulan bahwa definisi risiko adalah suatu akibat dari ketidakpastian dengan semua konsekuensi tidak menguntungkan yang bisa terjadi.

#### **2.1.2. Identifikasi Risiko**

Identifikasi risiko merupakan sebuah proses pengenalan yang seksama atas risiko dan komponen risiko yang terjadi pada suatu aktivitas yang diarahkan kepada proses pengukuran serta pengolahan risiko yang tepat. Langkah selanjutnya adalah pada proses identifikasi risiko yaitu mengenali jenis-jenis risiko yang mungkin atau pada umumnya dihadapi oleh setiap perusahaan. Adapun tujuan dari identifikasi risiko yaitu untuk mengetahui potensi risiko apa yang ada dan berpengaruh terhadap suatu proses kegiatan. Pada tahapan ini, dilakukan pencarian risiko-risiko beserta karakteristiknya yang dapat menghambat suatu kegiatan. Proses identifikasi harus dilakukan secara cermat dan komprehensif, sehingga tidak ada risiko yang

terlewatkan ataupun tidak teridentifikasi (Darmawi, 2008). Adapun Teknik mengidentifikasi risiko sebagai berikut :

1. *Brainstorming*

Pada tahapan ini dilakukan pendataan ide-ide terhadap kemungkinan risiko yang akan terjadi serta menggolongkan risiko tersebut. Serta menambahkan informasi mengenai masalah-masalah yang terjadi dan bagaimana mengatasinya.

2. *Interviewing*

Setelah mendapatkan ide dilakukanlah wawancara/*interview* kepada *stakeholder* untuk mendapatkan informasi mengenai hal-hal yang akan dilakukan analisis.

3. Penyebaran *kuisisioner*

Ide-ide mengenai risiko yang akan timbul ditampung dalam kuisisioner kemudian para pakar diminta untuk mengisi kuisisioner untuk mendapatkan validasi yang diinginkan

### 2.1.3. Penilaian Risiko

Penilaian risiko merupakan tahapan selanjutnya untuk menentukan seberapa besar risiko itu dengan melakukan perhitungan dari hasil perkalian tingkat kemungkinan (*likelihood*) dengan keparahan (*Severity*) suatu pekerjaan. Dari hasil penilaian tersebut kita dapat menentukan dengan peringkat risiko, dan mengetahui dampak risiko dari dampak yang ringan sampai dampak yang besar. Berikut adalah tabel kategori kemungkinan terjadinya risiko (*likelihood*) dan tabel keparahan yang dapat ditimbulkan (*severity*):

Tabel 1 Kemungkinan kejadian (*likelihood*)

<b>Tingkat <i>Likelihood</i></b>	<b>Tingkat kemungkinan</b>	<b>Definisi</b>
0	Jarang sekali terjadi	Dapat terjadi dalam lebih dari 5 tahun
1	Kadang kadang	Dapat terjadi dalam 2-5 tahun
2	Dapat terjadi	Dapat terjadi tiap 1-2 tahun
3	Sering terjadi	Dapat terjadi beberapa kali dalam setahun
4	Hamper pasti terjadi	Terjadi dalam minggu/bulan

(sumber: Ramli 2010)

Tabel 2 Tingkat keparahan (*severity*)

Tingkat <i>Severity</i>	Uraian	Definis
0	Tidak signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia
1	Kecil	- Cedera ringan, misalnya lecet dan dapat diobati menggunakan P3k - tidak menimbulkan dampak serius
2	Sedang	- Cedera sedang, misalnya luka robek atau berkurangnya sensor motorik/sensorik/psikologis atau intelektual (tidak berhubungan dengan penyakit) dan dirawat dirumah - kerugian finansial sedang
3	Berat	- Menimbulkan cedera parah misalnya cacat, Impuh dan kehilangan fungsi motorik/sensorik/ psikologis atau intelektual (tidak berhubungan dengan penyakit) - kerugian finansial besar
4	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah bahkan menghentikan kegiatan

(sumber: Ramli 2010)

Data skala *likelihood* dan *severity* yang dikumpulkan dari kuesioner dianalisis menggunakan *importance Index* (IMPI) yang terdiri dari *Likelihood Index* dan *Severity Index* (Long, 2008). Detail dari rumus adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{Importance\ Index\ (IMP.I) = L.I \times S.I} \quad (1)$$

*Frequency Index* (FI) menghasilkan *Index* frekuensi dari faktor-faktor risiko yang mempengaruhi kinerja sistem. Rumus *Likelihood Index* (L.I) :

$$\mathbf{L.I = \frac{\sum_{i=0}^{4i} a_i n_i}{4N} \times 100\%} \quad (2)$$

*Severity Index* menghasilkan indeks dampak tingkat keparahan dari faktor-faktor risiko yang mempengaruhi kinerja sistem. Rumus *Severity Index* (S.I) :

$$\mathbf{S.I = \frac{\sum_{i=0}^{4i} a_i n_i}{4N} \times 100\%} \quad (3)$$

Dimana :

$a$  = konstanta penilaian (0 s/d 4)

$n_i$  = probabilitas responden

$i$  = 0,1,2,3,4,...n

$N$  = total jumlah responden

Klasifikasi rningking yang didapat dari skala penilain pada keparahan (Coesenza, 1989) sebagai berikut :

Tabel 3 Klasifikasi Keparahan (*Severity Index*)

No.	Kelas	Nilai
0	<i>Extremely Ineffective</i>	$0\% < S.I \leq 20\%$
1	<i>Ineffective 2</i>	$20\% < S.I \leq 40\%$
2	<i>Moderately Effective</i>	$40\% < S.I \leq 60\%$
3	<i>Very Effective</i>	$60\% < S.I \leq 80\%$
4	<i>Extremely Effective</i>	$80\% < S.I \leq 100\%$

Setelah hasil penilain kemungkinan dan konsekuensi didapatkan kemudian dimasukkan dalam tabel matriks risiko seperti tabel dibawah ini:

Tabel 4 Matriks Risiko

Kemungkinan	Level Dampak ( <i>Severity</i> )				
	1	2	3	4	5
	Tidak Signifikan	Kecil	Sedang	Besar	Katastrope
A	T	T	E	E	E
B	S	T	T	E	E
C	R	S	T	E	E
D	R	R	S	T	E
E	R	R	S	T	T

(Ramli, 2010)

Keterangan :

E = Risiko Ekstrim - Kegiatan tidak boleh dilaksanakan atau dilanjutkan sampai risiko telah direduksi

T = Risiko Tinggi - Kegiatan tidak boleh dilaksanakan sampai risiko telah direduksi

S = Risiko Sedang - Perlu tindakan untuk mengurangi risiko, tetapi biaya pencegahan yang diperlukan harus diperhitungkan dengan teliti dan dibatasi

R = Risiko Rendah – Risiko dapat diterima pengendalian tambahan tambahan tidak diperlukan

#### **2.1.4. Pengendalian Risiko**

Pengendalian risiko adalah tahapan penting yang menentukan manajemen risiko keseluruhan. Risiko yang telah diketahui penilai risikonya harus dikendalikan dengan tepat, efektif, dan sesuai dengan kondisi perusahaan (Ramli, 2010).

Adapun jenis pengendalian risiko berdasarkan hirarki menurut *Occupational Health and Safety Managemen System* (2007)

1. Eliminasi

Eliminasi merupakan pengendalian yang paling utama dimana bahaya tersebut dihilangkan maka tidak akan berisiko menyebabkan masalah kepada pekerja.

2. Substitusi

Pada tingkatan kedua ada substitusi, menurut hirarki metode ini dilakukan karena ada beberapa hal. Salah satunya ialah perusahaan yang tidak mampu melaksanakan eliminasi, oleh karena itu perusahaan harus melakukan tindakan penggantian dan juga bisa melakukan modifikasi sebelumnya. Sehingga risiko yang ada bisa di perkecil dan tidak menimbulkan masalah terlalu banyak pada pekerja.

3. Pengendalian Teknis

Berbeda dari metode lainnya yang harus melakukan pergantiannya, pada metode ini seorang pekerja atau ahli k3 harus melakukan pengendalian atau membuat perancangan yang memodifikasi sesuatu yang menyebabkan bahaya.

4. Pengendalian Administrasi

Pada metode ini dilaksanakan dengan membuat sebuah aturan yang bertujuan agar menurunkan risiko bahaya. Pengendalian bahaya akan dibicarakan dengan menyeluruh dan dibuatkan panduan. Metode ini kemungkinan membuat masalah minim dan mudah dikendalikan.

#### 5. Alat Pelindung Diri (APD)

Metode yang terakhir adalah menggunakan alat pelindung diri atau APD. Alat ini berfungsi melindungi tubuh dari bahaya atau risiko dalam bekerja. Metode ini dipilih terakhir karena yang paling mudah dan memungkinkan 4 metode sebelumnya tidak dapat dilakukan karena beberapa alasan, jadi harus menggunakan metode ini.

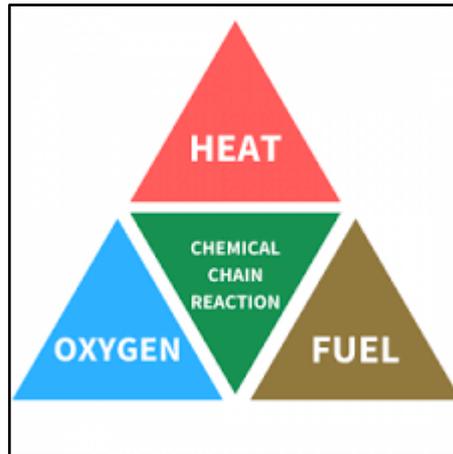
## **2.2. Kebakaran**

### **2.2.1. Definisi Kebakaran**

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 yaitu:

### **2.2.2. Sumber Terjadinya Kebakaran**

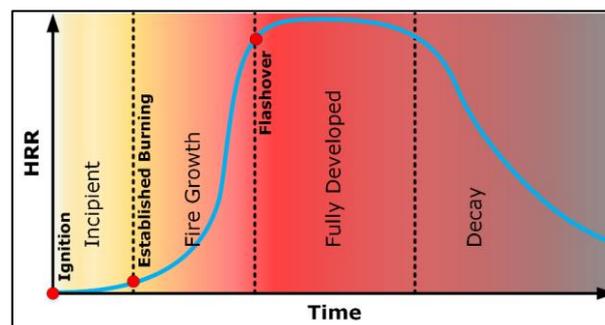
Api merupakan suatu reaksi kimia (oksidasi) cepat yang terbentuk dari 3 unsur yaitu panas, oksigen, dan bahan mudah terbakar yang dapat menghasilkan panas dan cahaya. Ilustrasi 4 unsur apa di dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3 *Tetrahedron of Fire*  
Sumber : [fireaction.co.uk](http://fireaction.co.uk)

Unsur api dan penyebab kebakaran itu adalah sebagai berikut :

1. Bahan bakar merupakan bahan yang mudah terbakar yang melalui proses pembakaran. Dimana saat bahan bakar dipanaskan melewati titik nyala, bahan bakar memasuki fase gas dan melepaskan tekanan uap yang dapat menyala di udara dan mendukung pembakaran.
2. Panas merupakan hasil dari selama pembakaran karena reaksinya eksotermik. Karena reaksi ini sedang berlangsung, pembakaran melepaskan panas yang lebih dari cukup untuk dapat membuat api terus menyala
3. Oksigen merupakan pendukung pembakaran karena oksidasi, dimana saat gas yang dilepaskan oleh bahan bakar memanaskan, pecah dan bergabung dengan oksigen. Inilah menyebabkan pembakaran termulai.
4. Reaksi berantai adalah dimana ketika panas terus-menerus diproduksi sebagai hasil dari reaksi yang berlangsung, inilah yang membuat api mandiri.



Gambar 4 *Fire Growth Curve*  
Sumber : [guides.firedynamicstraining.ca](http://guides.firedynamicstraining.ca)

Adapun tahapan dari kebakaran sebagai berikut :

1. Tahapan Penyalaan / *Ignition*

Ini adalah tahap pertama dalam proses pertumbuhan api, biasanya dibuat oleh sumber pemanas luar, seperti nyala api terbuka atau bahan membara.

2. Tahap Pertumbuhan (*Fire Growth*)

Selama tahap ini api tumbuh cepat atau lambat, tergantung pada beban bahan bakar, jenis pembakaran dan ketersediaan oksigen. tahap pertumbuhan sangat tergantung pada beban bahan bakar yang ada.

3. Tahap *Flashover*

Ini adalah tahap transisi yang terjadi antara tahap pertumbuhan dan tahap berkembang penuh. *flashover* adalah fenomena yang diciptakan oleh ketidakstabilan termal dalam suatu kompartemen.

4. Tahap Pembakaran Penuh (*Fully Developed*)

Selama tahap ini, api telah mencapai potensi maksimumnya dan hanya dibatasi oleh ketersediaan oksigen.

5. Tahap Surut (*Decay*)

Selama tahap akhir ini, beban bahan bakar dan oksigen berkurang dan gas serta suhu, mulai mendingin. api akan mulai padam dengan sendirinya dan tidak ada lagi bahan bakar atau oksigen yang dimasukkan ke dalam kompartemen.

### 2.2.3. Klasifikasi Kebakaran

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.

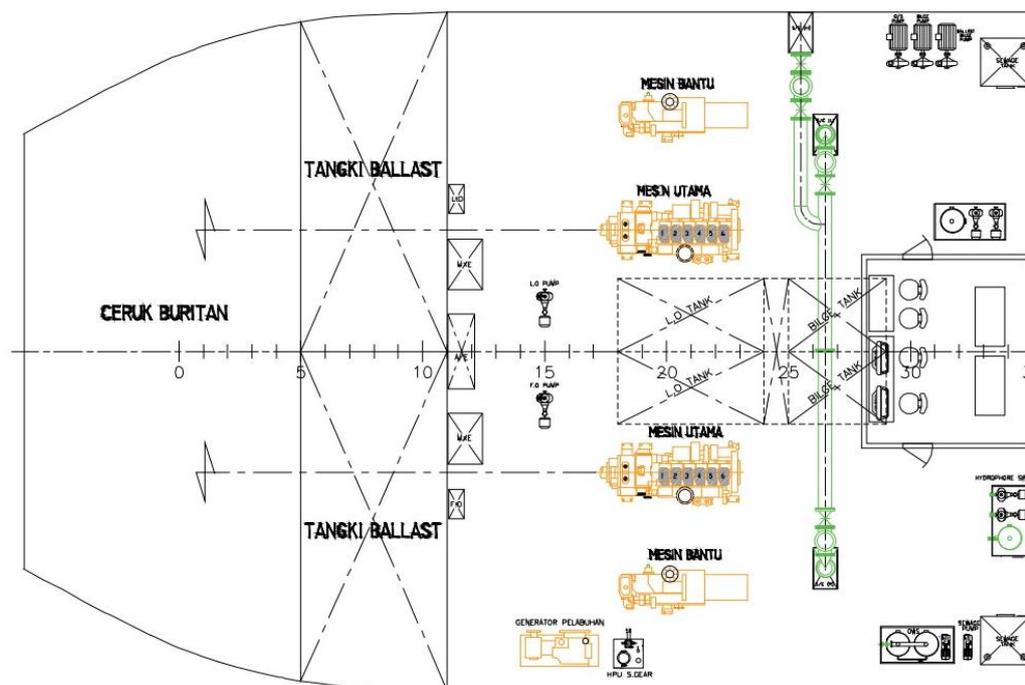
1. Kelas A Api membakar kayu, serat kaca, kain pelapis dan perabotan.
2. Kelas B Api membakar cairan seperti minyak pelumas dan bahan bakar.
3. Kelas C Api membakar bahan bakar gas seperti gas minyak cair 5
4. Kelas D Kebakaran yang membakar logam yang mudah terbakar seperti magnesium dan aluminium.

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

### 2.3. Kamar Mesin

Kamar mesin merupakan sebuah ruangan yang ada di kapal tempat di pasang mesin mesin yang diperlukan untuk pengoprasian kapal (kemudi kapal/ navigas) dan muatannya (bongkar muat), termasuk penunjang kehidupan awak kapal dan orang yang berada di atas kapal.



Gambar 5 Layout kamar mesin

Adapun komponen kamar mesin sebagai berikut :

1. Ruang Kontrol Mesin (*Engine Control Room*)

Ruangan ini merupakan tempat semua alat alat control pada mesin yang beropasi dipasang, termasuk sistem control energi listrik, supaya pengawasan pada mesin mesin efektif dan efisien.

2. Mesin induk (*Main Propulsion Engine*)

Sebuah instalasi mesin yang terdapat berbagai unit atau sistem pembantu yang berfungsi sebagai penghasil daya dorong terhadap kapal, yang dapat membuat kapal berjalan maju maupun mundur.

3. Mesin – mesin bantu (*Auxiliary Engines*)

Unit-unit maupun instalasi pada mesin yang dibutuhkan sebagai alat pendukung pengoprasian kapal, mesin induk, operasi muatan, kemudi, navigasi, dan lain-lain.

4. Mesin Generator (*Generator Engine*)

Suatu instalasi di mesin atau generator atau pembangkit tenaga listrik, merupakan salah satu mesin bantu yang penting sebagai penghasil listrik dikapal.

5. Generator

bagian yang sama dari mesin generator yang berfungsi sebagai pembangkit energi atau arus listrik guna membantu pengoprasian kapal seperti menghidupkan motor-motor listrik untuk mesin kemudi, pompa, kompresor udara, dll.

6. Pompa-pompa (*Pumps*)

Alat yang berfungsi memindahkan zat cair (air tawar, air laut, bahan bakar, dan lain-lain) dengan menggunakan sistem perpipaan, maupun katup isap, katup tekan, dan berbagai katup lainnya, saringan, tangka-tangki, alat-alat pengaman, dan lain-lain.

a) Pompa Pendingin Air Tawar (*Fresh Water Cooling Pump*)

Berfungsi memindahkan dan mengsirkulasikan air tawar dari berbagai pipa-pipa, pendingin (*cooler*), tangka ekspansi, berbagai katup, saringan dan lain-lain, bertujuan untuk mendinginkan badan mesin penggerak karena terjadinya pembakaran pada silinder mesin.

b) Pompa Pendingin Air Laut (*Sea Water Cooling Pump*)

Yaitu pompa yang mengisap air laut yang berada diluar kapal dan mengalirkannya sebagai pendingin pada air tawar, minyak lumas, dan lain-lain supaya temperaturnya tetap sesuai yang dikehendaki. Selanjutnya air akan dibuang ke laut setelah digunakan.

c) Pompa Servis Umum (*General Service Pump*)

Pemindah air laut yang berfungsi ganda, yaitu dapar digunakan untuk keperluan lainnya seperti pendingin air tawar, minyak lumas, mengalirkan air laut ke pemadam kebakaran, dan lain-lain.

d) Pompa Minyak Lumas (*Lube Oil Pump*)

Digunakan untuk memindahkan minyak lumas yang dibutuhkan untuk melumasi bagian-bagian mesin yang bergesekkan, juga sebagai penyerap panas yang timbul dari gesekan tersebut. Minyak lumas akan disirkulasikan dari unit pendingin agar temperaturnya tidak melebihi batas ketentuan.

e) Pompa Bahan Bakar (*Fuel Oil Pump*)

Terbagi atas beberapa unit, seperti pompa transfer buat memindahkan bahan bakar ke tangka yang lainnya, atau pompa booster buat mengalirkan bahan bakar ke berbagai separator, dan ke mesin-mesin yang bahan bakarnya akan dibakar didalam silinder.

f) Pompa Ballast (*Ballast Pump*)

Pompa yang berfungsi sebagai pengisi dan pembuang air laut dari tangka-tangka balas di kapal. Ada pun tangka tangka yang dimaksud sebagai penyeimbang kapal supaya tegal dan tidak miring, maupun memperbaiki stabilitas kapal agar nilai GM-nya positif, terkhususnya pada saat kapal dalam pelayaran tanpa muatan.

g) Pompa Got (*Bilge Pump*)

Pompa yang berfungsi sebagai pembuang air berminyak (*oily Water*) yang berada di got (bilge) kamar mesin. Pompa ini juga harus dilengkapi unit separator air minyak (oily water separator), supaya cairan yang akan dibuang ke laut tidak mengandung minyak tidak lebih dari 15 ppm.

h) Pompa Sanitari (*Sanitary Pump*)

Digunakan untuk menyalurkan air tawar dan air laut ke sistem sanitari kapal, yaitu ke kamar-kamar mandi dan WC.

7. Kompresor Udara (*Air Compressor*)

Digunakan untuk menyalurkan udara dengan tekanan tertentu (biasanya kirasran 20 sampai 30 bar) untuk berbagai kebutuhan, khususnya untuk start mesin induk.

8. Botol Udara (*Air bottle*)

Sebagai tempat penyimpanan udara bertekanan tinggi.

9. Mesin Pendingin (*Refrigerator*)

Merupakan instalasi permesinan yang didalamnya terdiri atas kompresor, pendingin, kondensorm katup ekspansi, evaporator, dan lain-lainnya, yang berfungsi untuk mendinginkan satu ruangan atau lebih runagan sebagai penyimpan bahan makanan diatas kapal.

10. Mesin AC

Memiliki fungsi yang sama dengan mesin pendingin, tetapi tujuannya mendinginkan ruangan ruangan seperti salon, kabin-kabil awak kapal, dan lain-lainnya., agar suhunya tetap rendah dan nyaman.

11. Pemindah panas (*Heat Exchanger*)

Terdiri dari : pendigin untuk udara, air tawar, minyak lumas, dan lain-lain. Yang berfungsi menurunkan suhu material akibat pengoprasian mesin dan menjaga agar suhu tetap konstan tanpa melebihi suhu yang di tentukan. Pada unit ini selalu terdapat zat didinginkan maupun media pendingin yang terdti dari air laut.

12. Pemanas (*Heater*)

Digunakan untuk bahan bakar, minyak lumas, air tawar, dan lain-lain., yang berfungsi sebagai perlatan memanaskan suatu zat, seperti bahan bakar yang ingin diturunkan kekentalannya, atau memanaskan ruangan di musim dingin, dan lain-lain.

13. Kondensor (*Condensor*)

Berfungsi untuk mengubah zat dari uap menjadi cair. Bisanya digunakan pada turbin uap dan mesin pendingin.

14. Katel Uap (*Steam Boiler*)

Sebuah instalasi untuk mengubah air (tawar) menjadi uap pada tekanan melebihi 1 bar. Uap ini digunakan untuk berbagai kebutuh seperti menjalankan mesin atau turbin uap, media pemanas untuk berbagai zat atau

ruang akomodasi di musim dingin atau daerah dingin. Bahkan serung di gunakan di dapur sebagai peralatan penghangat makanan maupu minuman.

15. Katel Gas Buang (*Exhaust Gas Boiler*)

Terdapat di kapal yang memakai mesin diesel sebagai mesin uatamanya. Saat mesin utama berkerja. Untuk menghemat bahan bakar, maka dilakukan pemasan air menjadi uap agar memanfaatkan panas gas buang mesin utama yang tidak digunakan lagi.

16. Mesin-mesin dek (*Deck Machineries*)

Intalasi permesinan yang diperlukan untuk operasi kapal, termasuk saat berlayar dilaut, selama operasi muatan pada pelabuhan. Intalasi ini dilaksanakan oleh awak kapal bagian dek, tetapi perawatan ataupun perbaikannya dibawah tanggung jawab awak kamar mesin.

17. Mesin Kemudi (*Steering Gear*)

Digunakan untuk daun kemudi untuk merubah arah kapal. Posisi intalasi ini teletak di buritan, diatas batang kemudi, tetapi pengoprasiannya di anjunagn melalui unit telemotor.

18. Mesin Jangkar (*Windlass*)

Unit ini berada di bagian Haluan kapal uang berfungsi menurunkan maupun menaikkan jangkar saat berlabuh diluar kapal.

19. Mesin Kapstan (Penarik tali tambat)

Berfungsi untuk menggulung dan mengulur tali tambat, saat kapal akan sandar ataupun lepas dari dermaga.

20. Mesin Pengangkat Muatan (*Crane*)

Unit yang berfungsi mengangkat muatan ke atas kapal dan meletakkannya pada palka (ruang muat kapal) dan menikkan muatan jika akan bongkar ke dermaga.

21. Pembangkit air tawar (*Fresh Water Generator*)

Unit yang digunakan sebgai pembangki ait tawar, atau mengubah air laut menjadi air tawar dengan cara air laut di uapkan lalu diembungkan sehingga menjadi air tawar.

22. Pemisah Zat Cair (*Separator*)

Digunakan sebagai pemisah bahan bakar dengan zat-zat lain, terkhususnya air dan endapan-endapan yang masih ada pada bahan bakar yang akan disuplai ke mesin agar tetap murni dan bersih.

23. Pemisah Minyak Pelumas (*Lube Oil Separator*)

Alat yang berfungsi untuk pemisah minyak lumas, biasanya digunakan pada mesin induk, supaya air dan kotoran-kotoran lain terpisah, sehingga kualitas minyak lumas tetap bagus.

24. Pembersih Bahan Bakar (*Purifier*)

Berfungsi sebagai pemisah bahan bakar dengan air dan zat-zat lain yang tidak diinginkan.

25. Penjernih (*Clarifier*)

Digunakan untuk bahan bakar, memiliki fungsi yang sama dengan *separator*, tetapi bahan bakar dijernihkan dan dipisahkan dari endapan-endapan ataupun lumpur-lumpur yang masih tersisa dan tidak tersaring pada *purifier*.

26. Separator Air Berminyak (*Oily Water Separator*)

Berfungsi memisahkan air got kamar mesin dari minyak yang di sebabkan oleh kebocoran minyak yang jatuh ke got kamar mesin. Sesuai aturan MARPOL air yang akan di buang ke laut tidak boleh mengandung minyak lebih 15 ppm.

27. Pembakar (*Incinerator*)

Alat yang berfungsi sebagai pembakar sampah-sampah dan minyak-minyak yang tidak boleh dibuang ke laut.

28. Instalasi Pembuang Kotoran (*Sewage Plant*)

untuk menyimpan kotoran kotoran manusia setelah diberi bahan penetral lalu kemudian dibuang ke laut.

29. Papan Penghubung Induk (*Main Switch Board*)

Suatu sistem listrik pada kapal yang dipasang pada ruang control, tempat arus listrik dari semua genetaror dikontrol dan didistribusikan keseluruhan bagian kapal.

30. *Lo Cooler Lub Oil Cooler*

Alat yang berfungsi sebagai pendingin oli yang keluar dari mesin utama maupu mesin bantu dengan pendinginan air laut.

31. Papan Distribusi (*Distribution Board*)

Merupakan bagian distribusi dari *main switchboard* yang berada di berbagai lokasi supaya memudahkan mengontrol pemakai arus listrik. Dari sini juga listrik didistribusikan ke unit-unit yang memerlukan melalui kotak-kotak distributor.

32. Kotak Distribusi (*Distribution Box*)

Merupakan komponen dari papan distribusi, biasanya dilengkapi alat alat seperti pompa, kompresor, separator, dan lain-lain.

33. Motor Listrik (*Electric Motor*)

Merupakan alat penggerak dengan energi listrik guna menggerakkan alat-alat seperti pompa, kompresor, separator, dan lain-lain.

34. Mesin-mesin Darurat (*Emergency Engines*)

Alat ini gunakan pada saat terjadi “*black-out*” karena tidak berfungsinya generator. Generator ini berfungsi sevara otomatis maupun manual atau bisa digantikan dengan sistem baterai (*accumulator*) yang berkerja otomatis.

35. Kompresor Udara Darurat (*Emergency Air Compressor*)

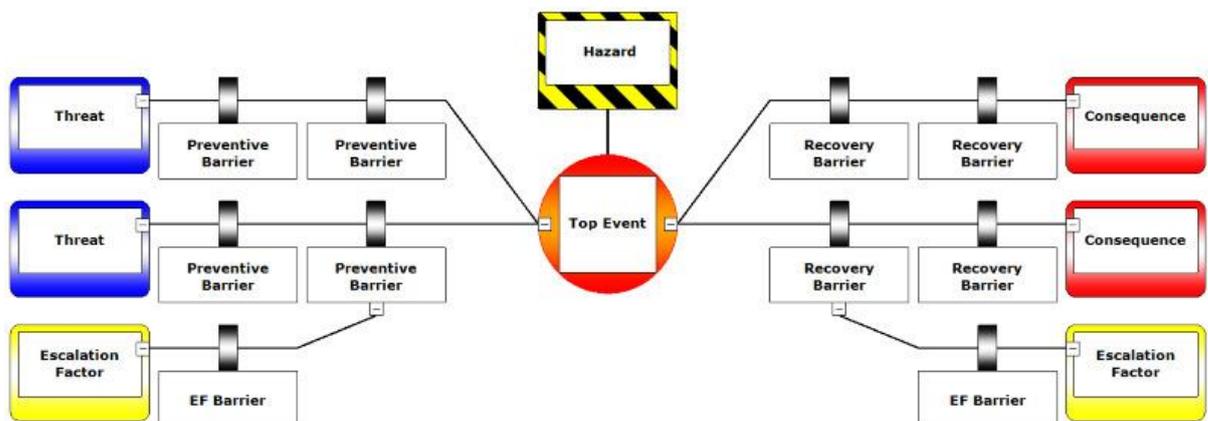
Digunakan saat kompresor udara rusak dan tidak berfungsi saat tidak ada arus listrik yang menggerakkan motornya. Mesin ini dijalankan oleh mesin tersendiri dan dapat *distart* dengan tangan.

## 2.4. Bowtie Analysis

Analisis *Bowtie* (dasi kupu-kupu) merupakan metode diagramatis yang digunakan unruk menggambarkan dan menganalisis jalur suatu risiko dari faktor penyebab kegagalan hingga dampaknya. Metode ini baisanya di anggap sebagai gabungan dari metode *fault tree analysis* (FTA) atau pohon kesalahan yang digunakan untuk menganalisis hubungan sebab akibat dengan metode *event tree analysis* (ETA) atau pohon kejadian yang digunakan untuk menganalisis dampak dari suatu kegagalan. Pada dasarnya *Bowtie* lebih berfokus kepada penghambat (*barrier*) antara faktor penyebab dan risiko, serta antara risiko dan dampak. Metode

ini disebut *Bowtie* karena diagram yang dihasilkan menyerupai dasi kupukupu dengan faktor penyebab dan dampak masing-masing menjadi dua sayap kiri kanan yang mengapit kejadian risiko di bagian tengah. Metode *Bowtie* menjelaskan beberapa kejadian yang berasal dari faktor penyebab dan dampak dari kegagalan yang membentuk representasi grafis dari :

1. Sebuah kejadian utama yang merugikan
2. Faktor yang dapat menyebabkan kegagalan suatu kejadian dengan probabilitas tertentu.
3. Dampak dari suatu kegagalan beserta konsekuensinya.
4. Kontrol yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kejadian kehilangan yang terjadi, dan kontrol yang bertujuan untuk mengurangi dampak dari peristiwa hilangnya setelah mereka telah terjadi.



Gambar 6 Bowtie Representation

#### 2.4.1. Tahapan *Bowtie Analysis*

Adapun proses dari bow-tie analisis adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi bahaya (*hazard*) dan kejadian puncak (*top event*) yang ingin dianalisis
2. Mengidentifikasi penyebab kejadian (*threat*) dan konsekuensi (*consequence*) yang mungkin terjadi

3. Menentukan tindakan atau barrier pencegahan (*preventive barrier*) yang dapat mencegah terjadinya kejadian dan tindakan atau barrier mitigasi yang mengurangi dampak yang mungkin terjadi
4. Evaluasi keefektifan faktor pengaman yang ada dan penentuan tindakan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan keamanan atau mengurangi risiko

#### **2.4.2. Keuntungan Penggunaan Metode *Bowtie Analysis***

1. Sangat efektif untuk menganalisis proses *hazard* di tahapan awal
2. Dapat mengidentifikasi *high probability and high consequence event*
3. Merupakan aplikasi dari gabungan FTA dan ETA
4. Dapat menampilkan penyebab peristiwa skenario bahaya, kemungkinan hasil, dan langkah-langkah untuk mencegah, mengurangi, maupun mengontrol bahaya
5. Dapat mengidentifikasi dan mengevaluasi hambatan atau kendali

#### **2.5. Uji Keabsahan Instrumen Penelitian**

Proses penelitian membutuhkan sebuah alat ukur yang tepat dan benar. alat ukur atau instrument yang baik harus memenuhi dua persyaratan utama yaitu validitas dan reliabilitas. Validitas adalah instrument atau alat untuk mengukur kebenaran dalam proses penelitian. Validitas didasarkan pada kepastian apakah hasil penelitian sudah akurat dari sudut pandang peneliti, partisipan, atau pembaca secara umum. Reliabilitas adalah kehandalan atau ketepatan sebuah alat ukur dalam mengukur sebuah objek. Jika alat ukur dipergunakan dua kali atau lebih untuk mengukur fenomena yang sama dan memperoleh hasil yang konsisten, maka alat ukur yang dipakai dikatakan reliabel. Dengan Bahasa yang mudah di pahami reliabilitas adalah konsisten si sebuah alat ukur dalam mengukur fenomena yang sama.

Validitas dan reliabilitas lebih menekankan pada masalah kualitas data dan ketepatan metode yang digunakan unruk melaksanakan proyek penelitian. Validitas dan reliabilitas dalam penelitian kuantitatif merujuk ke kemampuan prediksi terhadapr fenomena sejenis, sedangkan validitas dan reliabilitas pada penelitian kuantitatif merujuk pada kualitas itu sendiri. Dengan menggunakan instrument

yang valid dan reliabel dalam pengumpulan data, maka diharapkan peneliti mendapatkan hasil penelitian yang valid dan reliabel.

kontraks

### 2.5.1. Uji Validitas

Validitas adalah uji yang digunakan untuk menunjukkan sejauh mana alat ukur yang digunakan dalam suatu mengukur apa yang diukur.

#### 1. Jenis -jenis Validitas

Dalam menganalisis instrumen penelitian dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menganalisis menggunakan pemikiran rasional atau logika (*logical analysis*) dan analisis menggunakan analisis empiris.

##### a) Uji validitas tes secara rasional (*logical analysis*)

Validitas logis ada yang mengistilakan validitas rasional atau validitas ideal. Validitas logis untuk sebuah instrument penelitian menunjuk pada kondisi bagi sebuah instrumen yang mempengaruhi persyaratan valid berdasarkan hasil penalaran. Valid dipandang terpenuhi karena instrument yang bersangkutan sudah dirancang secara baik, mengikut teori dan ketentuan yang ada. Validitas logis terbagi menjadi dua macam

##### i. Validitas isi

Validitas isi berkaitan dengan kesanggupan alat penilaian dalam mengukur isi yang seharusnya. Artinya, tertersebut mampu mengungkapkan isi suatu konsep atau variabel yang hendak diukur.

##### ii. Validitas kontraks

Validitas kontraks merupakan kesanggupan alat penilaian untuk mengukur pengertian-pengertian yang terkandung dalam materi yang diukur. Pengertian-pengertian yang terkandung dalam konsep kemampuan, minat, sikap dalam berbagai bidang kajian harus jelas apayang hendak diukur, karena masi abstrak, maka memerlukan penjabaran yang lebih spesifik .

##### b) Validitas tes secara empiris

Sebuah instrument dapat dikatakan memiliki validitas secara empiris apabila sudah diuji dari pengalaman. Validitas empiris tidak dapat diperoleh hanya dengan Menyusun instrument berdasarkan ketentuan seperti halnya validitas logis, tetapi harus dibuktikan melalui pengalaman. Validitas empiris mempunyai duaman jenis yaitu :

i. Validitas ramalan (*predictive validity*)

Suatu tes dikatakan memiliki *predictive validity* tinggi jika hasil korelasites itu dapat meramalkan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Suatu instrument dapat dikatakan telah memiliki validitas ramalan apabila korelasi antara hasil instrument yang sedang diuji validitas ramalannya dengan kriteria yang ada. Apabila diantara kedua variabel tersebut terdapat korelasi positif yang signifikan maka hasil instrument yang sedang diuji dapat dinyatakan sebagai instrument yang telah memiliki ramalan yang tepat, yang berarti apa yang diramalkan betul-betul telah terjadi secara nyata dalam praktiknya.

ii. Validitas bandingan

Validitas bandingan merupakan ketetapan dari suatu instrumen penelitian yang ditinjau dari korelasinya terhadap kemampuan yang telah dimiliki saat ini secara riil. Yang menjadi pembeda antara validitas ramalan dengan validitas bandingan yaitu dari segi waktunya, dimana validitas ramalan dapat dilihat dari hubungan dengan masa yang akan datang sedangkan validitas bandingan dilihat dari hubungan dengan masa sekarang. Untuk mengetahui validitas dari pengujian ini yaitu dengan cara melihat hubungan yang searah antara instrument pertama dengan instrument berikutnya, dapat digunakanteknik analisis korelasi antara variabel  $x$  dan  $y$  jika positif dan signifikan maka hasil instrument dapat dinyatakan sebagai hasil yang telah memiliki bandingan.

2. Validitas Perangkat Soal

a) Validitas Empiris Butir Soal Objektif

Perangkat soal terdiri atas sejumlah butir soal, dimana validitas perangkat soal ditentukan oleh validitas butir-butir soalnya. Perangkat soal bersifat valid apabila butir-butir valid, berdasarkan hal ini ada dua macam validitas yaitu validitas teoritis (isi dan perilaku) dan validitas empiris.

Validitas empiris butir soal dihitung menggunakan statistika korelasi, menggunakan rumus korelasi *point biserial* dan validitas butir soal uraian dihitung dengan rumus korelasi *product moment*, rumus *point biserial* digunakan karena data yang dikorelasikan adalah data nominal dengan data interval, data nominal berasal dari skor butir soal yaitu 1 untuk jawaban benar dan 0 untuk jawaban salah.

Rumus korelasi *point biserial* :

$$i. \quad r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (4)$$

Dimana :

$r_{xy}$  = koefisien korelasi antara variabel x dan y

$\sum xy$  = jumlah perkalian x dan y

$x^2$  = kuadrat dari x

$y^2$  = kuadrat dari y

ii. Rumus *product moment* dengan angka kasar

$$r_{xy} = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}} \quad (5)$$

Dimana :

$n$  = banyaknya pasangan data x dan y

$\sum x$  = total jumlah dari variabel x

$\sum y$  = total jumlah variabel y

$\sum x^2$  = kuadrat dari total jumlah variabel x

$\sum y^2$  = kuadrat total jumlah variabel y

$\sum xy$  = hasil perkalian dari total jumlah variabel x dan y

### 2.5.2. Uji Reliabilitas

Pengujian reliabilitas digunakan untuk melakukan pengukuran dan konsistensi para responden dalam menjawab pertanyaan dalam kuesioner. Penguji

reliabilitas instrument penelitian dapat dilakukan dengan cara internal maupun eksternal. Secara internal dapat diuji dengan menganalisis konsistensi butir yang ada pada instrument dengan cara tertentu, sedangkan secara eksternal dapat dilakukan dengan *test-retest (stability)*, *equivalent*, dan gabungan keduanya.

1. *Test-retest*

Pengujian ini dilakukan dengan cara menguji instrumen beberapa kali pada responden yang sama. Jadi dalam hal ini instrumen, responden sama tetapi waktunya berbeda. Reliabilitas diukur dari koefisien pear antara percobaan pertama dengan percobaan berikutnya, apabila koefisien korelasi positif dan signifikan maka instrumen tersebut sudah dinyatakan reliabel sering juga disebut *stability*

2. *Ekuivalen*

Instrumen yang ekuivalen merupakan pertanyaan yang secara Bahasa, tetapi maksudnya sama. Pengujian reliabilitas instrumen ini dengan cukup satu kali, tetapi instrumennya dua pada responden, waktu yang sama tetapi instrumen yang berbeda. Reliabilitas instrumen ini dapat dihitung dengan cara mengkorelasikan antara dan instrumen ini dapat dihitung dengan cara mengkorelasikan antar data instrumen yang sama dengan data instrumen yang dijadikan *equivalent*. Apabila korelasi positif dan signifikan, maka instrumen dapat dinyatakan reliabel.

3. *Gabungan*

Pengujian reliabilitas ini dapat dilakukan dengan cara menguji satu instrument yang ekuivalen dengan beberapa kali percobaan ke responden yang sama. Jadi pengujian ini merupakan gabungan pertama dan kedua, reliabilitas instrumen ini dilakukan dengan mengkorelasikan dua instrumen. Setelah itu dilakukan pengujian kedua dan selanjutnya dikorelasikan secara menyilang. Apabila dengan dua kali pengujian dalam waktu yang berbeda, akan dapat dianalisis enam koefisien reliabilitas. Jika keenam koefisien korelasi bernilai positif dan signifikan maka dapat dinyatakan bahwa instrumen tersebut reliabel.

4. *Internal Consistency*

Pengujian ini dilakukan dengan cara menguji instrumen hanya sekali, kemudian data yang diperoleh akan dianalisis dengan teknik tertentu. Hasil analisis ini dapat digunakan untuk memperkirakan reliabilitas instrumen. Pengujian reliabilitas instrumen ini dapat dilakukan dengan teknik *Spearman Brown*