

**ANALISA KEANDALAN SISTEM PELUMASAN DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION AND  
MAINTENANCE* (RBIM) PADA KM. PANGRANGO**

**SKRIPSI**

**Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas  
Hasanuddin**



**RIKI ADRIAN**

**D091171301**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**“ANALISA KEANDALAN SISTEM PELUMASAN DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION AND  
MAINTENANCE* (RBIM) PADA KM. PANGRANGO “**

Disusun dan diajukan oleh

**RIKI ADRIAN  
D091171301**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 7 Juni 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



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



**Andi Husni Sitepu, S.T., M.T**  
NIP. 19770217 200112 1 001



**Dr. Eng. Faisal Mahmudam, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.**  
NIP.19810713 200501 1 003

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisa Keandalan Sistem Pelumasan Dengan Menggunakan Metode *Risk Based Inspection And Maintenance* (Rbim) Pada Km. Pangrango

Nama Mahasiswa : Riki Adrian

Stambuk : D091171301

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin pada tanggal 7 Juni 2022.

### Panitia Ujian Sarjana

Ketua : M. Rusydi Alwi, S.T.,M.T.



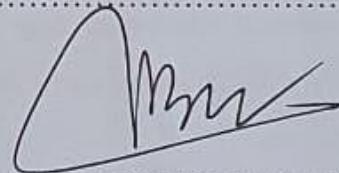
.....

Sekretaris : Andi Husni Sitepu, S.T., M.T.



.....

Anggota : Baharuddin., S.T., M.T



.....

Anggota : Balqis Shintarahayu, S.T., M.Sc.



.....

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

**Nama** : Riki Adrian  
**NIM** : D091171301  
**Departement** : Teknik Sistem Perkapalan

dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul ;

### **ANALISA KEANDALAN SISTEM PELUMASAN DENGAN MENGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION AND MAINTENANCE* (RBIM) PADA KM. PANGRANGO**

adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Gowa, 7 Juni 2022

Yang membuat pernyataan,



Riki Adrian

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim

Alhamdulillah, Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga skripsi dengan judul “ANALISA KEANDALAN SISTEM PELUMASAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION AND MAINTENANCE* (RBIM) PADA KM. PANGRANGO“ dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam kita berikan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik dan menjarkan arti kehidupan yang sebenarnya.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. terselesaikannya Skripsi/Tugas Akhir (TA) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui ini penulis memberikan ucapan terima kasih setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, motivasi dan dukungan materi demi keberlangsungan selama kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
2. Bapak Rusdy alwi, S.T. M.T. selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Andi Husni Sitepu S.T., M.T. selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. Tech., M. Eng. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5. Dosen-dosen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan.
6. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh kanda kanda senior yang banyak atas seluruh pembelajaran yang telah diberikan selama masa studi saya dikampus merah hitam.
8. Seluruh teman-teman TEKNIK 2017 terutama teman teman Gedung belakang PERIZCOPE 2017 atas dukungan dan bantuannya.
9. Lembaga Kemahasiswaan OKFT dan OKSP

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran sebagai bahan untuk memenuhi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca dan khususnya penulis.

Gowa, Juni 2022

Riki Adrian

## ABSTRAK

Sistem pelumasan adalah salah satu sistem yang penting dalam menjaga kinerja mesin utama tetap bekerja sebagaimana mestinya, sistem pelumasan bekerja dengan cara menyalurkan minyak lumas dari tangki masuk ke dalam mesin untuk melumasi komponen-komponen mesin. Pada kapal KM. Pangrango yang telah beroperasi selama 24 tahun keandalan sistem pelumasnya harus di perhatikan. Adapun metoda yang digunakan dalam menganalisa sistem pelumasan adalah *Risk Based Inspection* (RBI), *Fault tree analysis* (FTA) dan *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) merupakan salah satu teknik yang sistematis untuk menganalisa kegagalan. *Isograph availability workbench* adalah Salah satu *software* dalam hal keandalan dan perawatan yang dimana salah satu distribusi kegagalan yang dihasilkan yaitu distribusi weibull Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan distribusi weibull 2 akan diperoleh parameter bentuk ( $\eta$ ), skala ( $\beta$ ) dan lokasi ( $\gamma$ ) yang digunakan untuk menentukan nilai *mean time to failure* (MTTF) pada setiap komponen yang dijadikan dasar untuk penentuan waktu inspeksi yang disarankan untuk setiap komponen. Hasilnya menunjukkan untuk komponen duplex yaitu 81 jam, *filter ae1* yaitu 109 jam, *filter ae2* yaitu 91 jam, *filter ae3* yaitu 67 jam, *filter ae4* yaitu 92 jam, *separator* 606 jam, *strainer* 222 jam, *cooler ae1* 97 jam, *cooler ae2* 86 jam, *cooler ae3* 100 jam, *cooler ae4* 105 jam, pompa *supply sb* 3138 jam, pompa *supply ps* 2985 jam dan pompa *transfer* 3132 jam. Berdasarkan analisa Risk Based Inspection diperoleh komponen-komponen yang memiliki tingkat risiko tinggi (merah) yaitu duplex, *cooler ae1*, *cooler ae2*, *cooler ae3*, *cooler ae4*. kemudian yang memiliki tingkat risiko sedang (kuning) yaitu pompa *transfer*, *strainer*, pompa *supply* dan *filter ae1*, *filter ae2*, *filter ae3*, *filter ae4* dan *separator*.

Kata kunci : FMEA, FTA, RBI, MTTF, Sistem Pelumasan

## **ABSTRACT**

*The lubrication system is one of the most important systems in keeping the main engine performance working as it should, the lubrication system works by draining lubricating engine oil from the tank into the inside to lubricate the components. On the ship KM. Pangrango, which has been operating for 24 years, has damaged its lubricating system. The methods used in analyzing the lubrication system are Risk Based Inspection (RBI), Fault tree analysis (FTA) and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) which is a systematic technique for analyzing failures. The availability of Wokrben isogro is one of the software in terms of security and maintenance which causes one of the resulting failure distributions, namely our distribution. used to determine the mean time to failure (MTTF) value for each set to determine the recommended component review time for each component. The results show that the duplex component is 81 hours, the ae1 filter is 109 hours, the ae2 filter is 91 hours, the ae3 filter is 67 hours, the ae4 filter is 92 hours, the filter is 606 hours, the filter is 222 hours, the cooler ae1 is 97 hours, the cooler ae2 is 86 hours, cooler ae3 100 hours, cooler ae4 105 hours, pump supply sb 3138 hours, pump supply ps 2985 hours and pump transfer 3132 hours. 2. Based on the Risk Based Inspection analysis, the components that have a high level of risk (red) are duplex, cooler ae1, cooler ae2, cooler ae3, cooler ae4. then those with a moderate level of risk (yellow) are transfer pumps, strainers, supply pumps and ae1 filters, ae2 filters, ae3 filters, ae4 filters and separators.*

*Keywords : FMEA, FTA, RBI, MTTF, Lubrication System*



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	6
2.1 Keandalan.....	6
2.2 Sistem Pelumasan.....	6
2.2.1 Fungsi Sistem Pelumasan .....	8
2.2.2 Prinsip Kerja Sistem Pelumasan.....	10
2.3 Teknik Analisa.....	10
2.4 <i>Risk Based Inpection</i> .....	11
2.4.1 Matriks Risiko.....	12
2.4.2 Manfaat <i>Risk Based Inspection</i> (RBI) .....	15
2.4.3 Batasan RBI.....	15
2.5 <i>Isograph Availability Workbench</i> .....	15
2.6 Laju Kegagalan.....	16
2.7 <i>Fault Tree Analysis</i> .....	17

2.8	<i>Failure Mode Effects Analysis (FMEA)</i> .....	18
BAB III METODELOGI PENELITIAN .....		22
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
3.2	Pengumpulan Data.....	22
3.2.1	Jenis dan Fungsi Komponen-Komponen Sistem Pelumasan KM. Pangrango .....	22
3.2.2	Gambar Sistem Pelumasan KM. Pangrango.....	24
3.2.3	<i>Logbook</i> KM. Pangrango.....	28
3.2.4	Jadwal Pelayaran.....	29
3.3	Tahapan Analisa .....	29
3.4	Kerangka Pemikiran .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Sistem Pelumasan.....	32
4.2	komponen sistem pelumasan.....	33
4.2.1	Subsistem Suplai.....	33
4.2.2	Subsistem Penyaringan.....	33
4.2.3	Subsistem Pemompaan .....	34
4.3	Analisa Kualitatif.....	34
4.3.1	Kegagalan Pada Komponen.....	35
4.3.2	<i>Fault Tree Analysis</i> .....	36
4.3.2.1	Bagan <i>Fault Tree Analisis</i> .....	36
4.3.3	<i>Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)</i> .....	37
4.4	Analisa Kuantitatif.....	42
4.4.1	<i>Mean Time To Failure, Reliability, Laju Kegagalan dan Probability Density Function</i> .....	45
4.4.3	<i>Risk Based Inspection</i> .....	46
4.4.4	Analisa keandalan .....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	Kesimpulan.....	55

5.2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
L A M P I R A N.....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem pelumasan basah.....	7
Gambar 2. 2 Sistem pelumasan kering.....	8
Gambar 2. 4 Matriks risiko .....	14
Gambar 2. 5 Contoh <i>fault tree analysis</i> .....	18
Gambar 3. 1 Sistem Pelumasan KM. Pangrango	24
Gambar 3. 2 Komponen pompa Sistem pelumasan KM. Pangrango	27
Gambar 3. 3 <i>Logbook</i> KM. Pangrango	28
Gambar 3. 4 Rute Pelayaran KM. Pangrango	29

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 fungsi dari komponen komponen sistem pelumasan .....	8
Tabel 2. 2 Tingkat <i>probability of failure</i> .....	12
Tabel 2. 3 Tingkat <i>Consequence of Failure</i> .....	13
Tabel 2. 4 <i>Failure modes and effects analysis</i> (FMEA) .....	20
Tabel 3. 1 Jenis, fungsi dan kegagalan komponen sistem pelumasan KM. Pangrango .....	22
Tabel 3. 2 Tipe Komponen.....	28
Tabel 4. 1 <i>Failure modes and effects analysis</i> (FMEA) subsistem penyaringan.....	37
Tabel 4. 2 <i>Failure modes and effects analysis</i> (FMEA) subsistem pemompaan .....	40
Tabel 4. 3 <i>Failure modes and effects analysis</i> (FMEA) subsistem suplai .....	41
Tabel 4. 4 Running Hours Komponen Sistem Pelumasan KM. Pangrango .....	42
Tabel 4. 5 parameter bentuk ( $\eta$ ), skala ( $\beta$ ) dan lokasi ( $\gamma$ ) setiap komponen .....	44
Tabel 4. 6 nilai <i>Mean Time To Failure Rate</i> .....	45
Tabel 4. 7 nilai <i>Realibily</i> , Laju Kegagalan dan <i>Probability Density Fuction</i> .....	46
Tabel 4. 8 Hubungan PoF dan CoF metriks risiko.....	48
Tabel 4. 9 Maitriks Risiko.....	52
Tabel 4. 10 Tabel waktu perawatan komponen .....	53
Tabel 4. 11 Metode Inspeksi dan Jadwal Inpeksi .....	53

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada masa sekarang ini kapal masih menjadi salah satu alat transportasi yang sering digunakan, banyaknya kapal yang terus beroperasi, membuat pihak pemilik untuk lebih meningkatkan kualitas kapalnya. Salah satu cara meningkatkan kualitas kapal yaitu dengan cara meningkatkan keandalannya melalui usaha perawatan sistem-sistem yang ada pada kapal. Hal ini dilakukan guna untuk mencegah kegagalan komponen pada sistem yang dapat mengakibatkan kerusakan pada seluruh fungsi sistem pada kapal yang pada akhirnya menurunkan tingkat keselamatan pada kapal serta muatan yang diangkut.

Kapal yang beroperasi secara terus menerus mengakibatkan sistem pada kapal tersebut juga bekerja secara terus menerus, hal ini dapat mengakibatkan keausan pada komponen sistem yang bekerja secara terus. Keausan komponen dapat mengakibatkan sistem mengalami gangguan bahkan dapat menyebabkan kegagalan operasi pada sistem. Sehingga perlu dilakukan identifikasi pengaruh dari kegagalan komponen komponen sistem.

Kegagalan dan tindakan perbaikan yang akan dilakukan merupakan suatu hal yang penting untuk memprediksi kerusakan dari suatu sistem pada masa yang akan datang. Dengan mengevaluasi pada kegagalan dan perbaikan suatu sistem, maka kita dapat memprediksi kegagalan dan perbaikan yang akan dilakukan pada sistem agar sistem berfungsi dengan baik.

Salah satu sistem yang perlu mendapat perhatian adalah sistem pelumasan pada mesin utama kapal, hal ini karena minyak lumas berperan penting dalam proses kerja mesin. Mesin dapat mengalami kegagalan kerja apabila minyak pelumas tidak melumasi komponen mesin. Untuk meminimalkan risiko tersebut perlu dilakukan pencegahan agar komponen komponen sistem pelumasan beroperasi dengan baik. Menurut informasi dari salah satu kru kapal KM. Pangrango perawatan pada sistem

pelumasannya terkadang tidak sesuai manajemen perawatan yang ada pada kapal, karena beberapa faktor yang menyebabkan perawatan dilakukan lebih cepat.

Menurut Eko Sasmito H. (2008), pada kapal yang beroperasi cukup lama perlu dilakukan perbaikan sistem perawatannya untuk mengetahui keandalan dari sistem yang menyebabkan kegagalan ataupun kerusakan melalui metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) pada masing-masing komponen sistem. Penggunaan metode ini dapat dilakukan untuk analisa awal kerusakan apa yang dapat terjadi pada komponen dan bagaimana penanganannya, karena kerusakan pada salah satu komponen akan menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada keseluruhan fungsi mesin utama kapal. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan pada kapal yang akan membahayakan kehidupan manusia serta muatan yang di angkut oleh kapal.

Salah satu cara yang dapat digunakan dalam melakukan Analisa keandalan yaitu metode *Risk Based Inspection* (RBI) pada komponen-komponen sistem pelumas. *Risk Based Inspection* (RBI) merupakan metode yang menjadikan risiko sebagai dasar dalam menentukan rencana atau program perawatan yang akan diberikan kepada komponen pada sistem. Dengan menggunakan metode RBI, kita dapat memprediksi kegagalan yang terjadi pada komponen dan metode pencegahan seperti apa yang sesuai untuk menanggulangnya. Untuk mendapat nilai risiko tersebut diperlukan beberapa data dan perhitungan yang digunakan, ini akan menunjukkan risiko kegagalan serta antisipasi yang dilakukan.

Dalam penelitian kali ini penulis melakukan penelitian dengan pendekatan menghitung nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) dari setiap komponen sistem pelumasan dan menentukan risiko kegagalan menggunakan metode RBI yang akan diaplikasikan pada sistem pelumasan. Atas dasar pertimbangan di atas maka penulis memilih judul **“ANALISA KEANDALAN SISTEM PELUMASAN DENGAN METODE *RISK BASED INSPECTION AND MAINTENANCE* (RBIM) PADA KM. PANGRANGO”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka tindak lanjut atau perawatan terhadap komponen yang mendukung kinerja mesin sangat penting untuk dilakukan, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa nilai *mean time to failure* (MTTF) pada setiap komponen sistem pelumasan KM. Pangrango?
2. Apa saja risiko yang terjadi pada komponen-komponen sistem pelumasan KM. Pangrango dengan menggunakan metode *Risk Based Inspection* (RBI)?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka diperlukan batasan permasalahan terhadap sistem yang akan di bangun. Hal ini bertujuan agar pembahasan masalah tidak terlalu meluas. Maka Batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian ini hanya pada komponen-komponen sistem pelumasan mesin utama dan mesin bantu KM. Pangrango.
2. Kegagalan perawatan di asumsikan karena dioperasikan, bukan karena kesalahan manusia (*human error*) dan pengaruh alam yang tidak diinginkan.
3. Penyelesaian masalah hanya dibatasi sampai pada penentuan perencanaan kegiatan perawatan dan penentuan penyebab kegagalan.
4. Kegagalan peralatan di jadwalkan sesuai perencanaan inspeksi perawatan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan nilai *mean time to failure* (MTTF) komponen-komponen sistem pelumasan KM. Pangrango.
2. Mengetahui risiko apa saja yang terjadi pada komponen-komponen sistem pelumasan KM. Pangrango dengan menggunakan metode *risk based inspection and maintenance* (RBIM).

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang di peroleh dari penelitian ini yaitu:

1. Dengan penelitian ini dapat di jadikan opsi atau perbandingan untuk ABK kapal dalam melakukan proses perawatan sistem pelumasan kapal.
2. Memberikan informasi mengenai tingkat keandalan dan perawatan komponen-komponen sistem pelumasan KM. Pangrango kepada pihak pemilik atau ABK kapal.
3. Memberi informasi mengenai risiko kegagalan yang akan terjadi pada komponen-komponen sistem pelumasan berdasarkan metode *Risk Based Inspection and Maintenance* (RBIM).
4. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat dijadikan acuan atau perbandingan untuk penelitian selanjutnya.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memperoleh hasil penulisan yang sistematis, maka penulisan skripsi ini disusun menjadi beberapa bagian yaitu:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang dari penulisan skripsi, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan penelitian ini.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai landasan teori atau teori teori yang mendukung dalam proses pengerjaan penelitian ini. Adapun sumber-sumbernya seperti buku-buku, jurnal, paper, skripsi, dll.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisi tentang data dan metode penelitian, lokasi dan waktu penelitian, perolehan data penyajian data dan tahapan-tahapan penelitian.



#### BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan hasil yang diperoleh dari pengolahan data dan analisa data.

#### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Keandalan**

Reliabilitas adalah kemampuan suatu produk atau sistem untuk melakukan sebagaimana dimaksud (yaitu, tanpa kegagalan dan dalam batas kinerja tertentu) untuk waktu tertentu, dalam siklus hidupnya kondisi definisi ini mencakup konsep-konsep kunci yang diperlukan untuk merancang, menilai, dan mengelola keandalan produk. Definisi ini sekarang akan dianalisis dan dibahas [1].

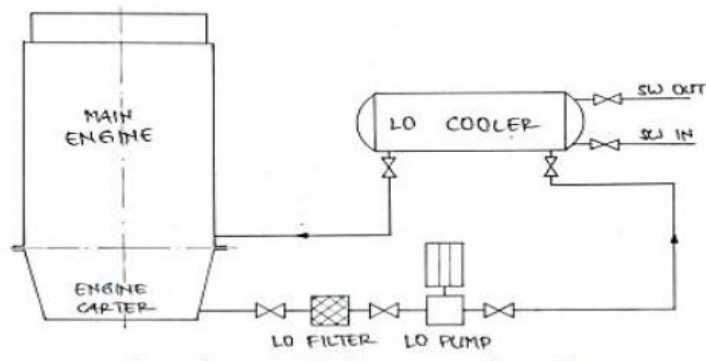
Meskipun ada konsensus bahwa keandalan adalah atribut penting dari suatu produk, Tidak ada definisi keandalan yang diterima secara universal. Kamus mendefinisikan reliabilitas (kata benda) sebagai keadaan dapat diandalkan, dan dapat diandalkan (kata sifat) sebagai sesuatu yang dapat diandalkan atau dapat diandalkan [2].

Ketika kita berbicara tentang keandalan, kita berbicara tentang kinerja masa depan atau perilaku produk, sehingga produk akan dapat diandalkan di masa depan. Dengan demikian, reliabilitas telah dianggap sebagai kualitas berorientasi waktu.

#### **2.2 Sistem Pelumasan**

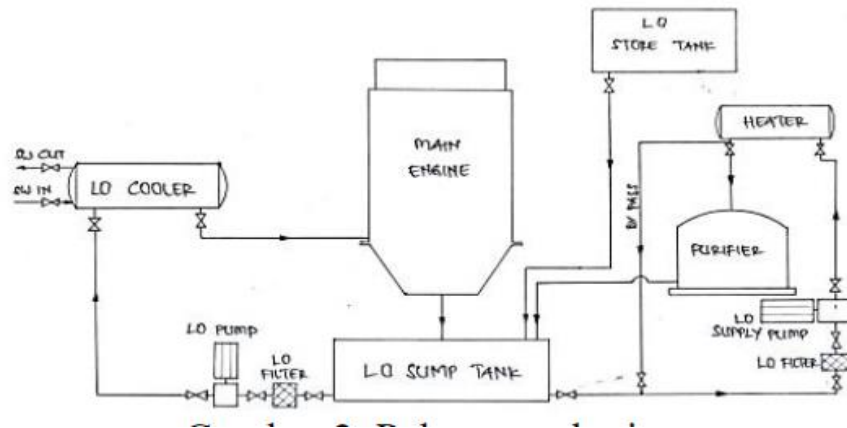
Dalam sebuah mesin terdapat banyak bagian yang mengalami gesekan seperti metal, roda gigi, torak yang dikenakan gaya gesek yang mengganggu gerakannya. Karena gaya ini, bagian yang bergerak menjadi aus sehingga kedudukannya longga atau malah melekat sehingga tidak dapat bergerak lagi. Jika gesekannya besar akan terjadi pemborosan tenaga penggerak mesin. Untuk mengurangi gesekan agar mencegah ausnya atau melekatnya bagian-bagian yang bergesekan dibutuhkan pelumasan dengan memberikan bahan minyak lumas pada permukaan-permukaan yang bergesekan, selain melumasi bagian-bagian yang akan bergesekan harus dibuat dari bahan yang sesuai. Tipe dasar dari pada sistem pelumasan yang umum digunakan pada mesinmesin ialah sistem pelumasan basah dan sistem pelumasan kering [3].

- a. Sistem pelumasan basah pada sistem ini di bagian bawah dari pada piringan atau pun yang juga merupakan tangki *supply* dan ada kalannya juga merupakan alat pendingin dari pada pelumas. Minyak lumas yang jatuh menetes dari silinder-silinder dan bantalan-bantalan kembali ke dalam tempat ini, untuk selanjutnya dialirkan kembali dengan sebuah pompa minyak lumas kedalam sistem pelumasannya tadi. Sistem *sump tank* basah ini banyak digunakan pada mesin-mesin kecil [3].



Gambar 2. 1 Sistem pelumasan basah  
(sumber: Ratna Indriani, dkk. 2021)

- b. Sistem Carter Kering Minyak lumas yang jatuh ke dalam *sump tank* selanjutnya di alirkan dengan sebuah pompa minyak lumas melalui sebuah *filter* dan dikembalikan lagi ke dalam tangki *supply*. Tangki *supply* ditempatkan di luar mesinnya, pompa ini mempunyai kapasitas yang besar sehingga dapat mengosongkan sama sekali *sump tank*nya atau tangkinya [3].



Gambar 2. 2 Sistem pelumasan kering  
(sumber: Ratna Indriani, dkk. 2021)

### 2.2.1 Fungsi Sistem Pelumasan

Sistem pelumasan adalah sistem yang berfungsi untuk mensuplai minyak pelumas yang berasal dari *service tank* menuju *main engine*. Berikut merupakan komponen yang ada pada sistem minyak pelumas antara lain *lubricating oil tank*, *transfer pump*, *sump tank*, *LO. separator*, *purifier*, *LO. cooler*, *filter*, *LO pump* kemudian menuju *main engine*, dan *Lubricating Purifier Heater* [3]. Berikut komponen sistem pelumasan (*Lubricating Oil System*) dan fungsinya di kapal antara lain:

Tabel 2. 1 fungsi dari komponen komponen sistem pelumasan

No	Nama Komponen	Fungsi
1	<i>Lubricating oil tank</i>	Berfungsi sebagai tempat penyimpanan minyak pelumas awal sebelum di suplai ke <i>sump tank</i> .
2	<i>Lubricating oil pump</i>	Berfungsi untuk memompa minyak pelumas yang berasal dari <i>sump tank</i> menuju <i>main engine</i> .

		Terdapat dua buah <i>lubricating oil pump</i> yang dipasang secara <i>standby</i>
3	<i>Lubricating oil cooler</i>	Berfungsi untuk mendinginkan oli yang keluar dari mesin Induk atau mesin bantu dengan pendinginan air laut.
4	<i>Filter</i>	Berfungsi untuk menyaring minyak pelumas dari <i>daily tank</i> agar minyak pelumas yang di suplai ke <i>main engine</i> benar-benar bersih. Terdapat dua buah <i>filter</i> yang dipasang secara <i>standby</i> .
5	<i>Sump tank</i>	Berfungsi sebagai tempat pengendapan kandungan air dan kotoran yang terdapat pada minyak pelumas.
6	<i>Separator</i>	Berfungsi untuk membersihkan dan memurnikan minyak pelumas dari pengaruh kandungan air dan kontaminasi partikel padat. Terdapat dua buah <i>separator</i> yang dipasang secara <i>standby</i> .
7	<i>Transfer Pump</i>	Berfungsi untuk memindahkan minyak pelumas dari <i>service tank</i> menuju <i>sump tank</i> . Terdapat dua buah <i>transfer pump</i> yang disusun secara <i>standby</i> .
8	<i>Lubricating Purifier Heater</i>	Berfungsi untuk meningkatkan temperature serta viskositas minyak pelumas.

Sumber: Kajian Kegagalan Dan Perawatan Sistem Pelumas Mesin Diesel di Kapal

### **2.2.2 Prinsip Kerja Sistem Pelumasan**

Prinsip kerja sistem minyak pelumas sebagai berikut: minyak pelumas dari *service tank* dipindahkan ke *sump tank* dengan bantuan *transfer pump*. Di dalam *sump tank* minyak pelumas diendapkan dari air dan kotoran padat. Setelah itu dialirkan menuju *separator*. Melalui *separator* minyak pelumas dimurnikan dan dibersihkan terlebih dahulu dari kandungan air dan kontaminasi kandungan partikel padat. Sebelum menuju *main engine* minyak pelumas disaring dan dibersihkan menggunakan *purifier*. Selanjutnya minyak pelumas dialirkan menuju main diesel engine melalui *filter* dan *lubricating oil cooler*. Temperatur oil keluar dari *cooler* secara otomatis dikontrol pada level konstan yang ditentukan untuk memperoleh viskositas yang sesuai dengan yang diinginkan pada inlet main diesel engine [3]. Kemudian *lubricating oil* dialirkan ke *main engine bearing* dan juga dialirkan kembali ke *lubricating oil sump tank*.

### **2.3 Teknik Analisa**

Dalam penelitian ini menggunakan 2 jenis Analisa, yaitu analisa kualitatif dan Analisa kuantitatif. Analisa kualitatif bisa dipahami sebagai prosedur riset yang memanfaatkan data deskriptif, berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang dan pelaku yang dapat diamati. Penelitian kualitatif dilakukan untuk menjelaskan dan menganalisis fenomena, peristiwa, dinamika sosial, sikap kepercayaan, dan persepsi seseorang atau kelompok terhadap sesuatu. Maka, proses penelitian kualitatif dimulai dengan menyusun asumsi dasar dan aturan berpikir yang akan digunakan dalam penelitian. Data yang dikumpulkan dalam riset kemudian ditafsirkan. Sedangkan Analisa kuantitatif merupakan upaya seorang peneliti menemukan pengetahuan menyuguhkan data dalam bentuk angka. Angka-angka yang diperoleh inilah yang digunakan untuk melakukan analisa keterangan. Dalam bahasa lebih sederhana lagi, penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang disusun secara sistematis terhadap bagian-bagian dan mencoba untuk menemukan kausalitas untuk mengetahui keterkaitan.

## **2.4 Risk Based Inpection**

*Risk Based Inspection* (RBI) merupakan salah satu metode yang relatif baru dalam melakukan suatu inspeksi. Metode ini berdasarkan analisis risiko yaitu meliputi mengenai analisis besarnya kemungkinan munculnya suatu kegagalan dan tingkat risiko yang muncul akibat kegagalan tersebut dan hubungannya terhadap sistem operasi yang sedang berjalan. *Risk-Based Inspection* (RBI) adalah metode inspeksi berbasis risiko dimana bahaya sebagai dasar untuk memprioritaskan dan sebagai upaya mengelola program inspeksi. Dalam pabrik yang sedang beroperasi, persentase relatif besar yang terkait risiko dari item peralatan. RBI memungkinkan pergeseran inspeksi dan pemeliharaan sumber daya untuk menyediakan tingkat keamanan yang lebih tinggi dari cakupan pada item yang berisiko tinggi dan upaya yang akan dikerjakan dengan peralatan yang baik agar risiko bahaya tersebut menjadi lebih rendah. Manfaat potensial dari program RBI adalah untuk meningkatkan waktu operasi peralatan dan menjalankan fasilitas industri dengan proses yang panjang agar kegagalan dapat diminimalisasi atau setidaknya mempertahankan pada tingkat risiko yang sama [4].

Pada metode RBI terjadi kompromi antara financial, bahaya dan risiko yang terjadi pada sebuah peralatan proses dalam sebuah bangunan dalam arti kapal (plant). Tingkat risiko diprioritaskan dengan sistematis sehingga program inspeksi dapat difokuskan pada peralatan yang memiliki risiko yang tinggi, sebaliknya jika tidak terlalu tinggi maka bisa disesuaikan, sehingga bisa menghemat sumberdaya.

Metode RBI mendefinisikan risiko peralatan operasi sebagai kombinasi dari dua parameter terpisah yaitu perkalian dari konsekuensi kegagalan dan kemungkinan kegagalan. Sehingga menurut RBI risiko didefinisikan seperti pada Persamaan [5].

$$Risk = consequence\ of\ failure\ (CoF) \times probability\ of\ failure\ (PoF) \quad (2.1)$$

- PoF rendah x CoF rendah = risiko rendah, cocok diterapkan *corrective maintenance*.
- PoF tinggi x CoF rendah = risiko menengah, cocok diterapkan *preventive maintenance*.
- PoF rendah x CoF tinggi = risiko menengah, cocok diterapkan *preventive maintenance*.
- PoF tinggi x CoF tinggi = risiko tinggi, maka harus dilakukan Analisa secara detail untuk menentukan rencana inspeksi.

#### 2.4.1 Matriks Risiko

Risiko yang dituliskan harus menjelaskan hubungan antara *probability of failure* dan *consequence of failure* dalam menentukan tingkat risiko [6].

Tingkat risiko dapat ditentukan penanda berupa warna sebagai berikut:

- Merah menandakan risiko tinggi
- Kuning menandakan risiko sedang
- Hijau menandakan risiko rendah

Untuk mengetahui tingkat kegagalan berdasarkan matriks risiko dapat diketahui dengan tingkat deskripsi PoF serta CoF sebagai berikut:

Tabel 2. 2 *Tingkat probability of failure*

Tingkat	Kemungkinan kegagalan
5	>0.01
4	0.001 – 0.01
3	0.0001 – 0.001
2	0.00001 – 0.0001
1	< 0.00001

Sumber: DNV RP-G101



- Untuk tingkat deskripsi Consequence of Failure (CoF) dengan 2 tipe yaitu Safety dan Environment:

Tabel 2. 3 Tingkat *Consequence of Failure*

Tingkat	Keselamatan	Lingkungan
A	Tidak mengalami cedera	Tidak berpolusi
B	Cedera ringan	Efek ringan ( dapat dibersihkan)
C	Cedera berat	Efek tinggi
D	Kematian tunggal	Polusi berefek besar dalam pencemaran lingkungan
E	Banyak kematian	Polusi dapat mematikan ekosistem

Sumber: Analisa Keandalan Sistem Bahan Bakar Dengan *Metode Risk Based Inspection and Maintenance* (RBIM) pada Kapal KM. Lambelu

<i>PoF Ranking</i>	<i>PoF Deskripsi</i>	A	B	C	D	E
5	(1) <i>In a small population, one or more failure can be expected annually.</i> (2) <i>failure has occurred several times a year in the location.</i>					
4	(1) <i>In a large population, one or more failure can be expected annually.</i> (2) <i>failure has occurred several times a year in operating company.</i>					
3	(1). <i>Several failure may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components</i> (2). <i>Failure has occurred in the operating company.</i>					
2	(1). <i>Several failure may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components</i> (2). <i>Failure has occurred in industry.</i>					
1	(1). <i>Several failure may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components</i> (2). <i>Failure has occurred in industry.</i>					
<i>CoF Type</i>	<i>Safety</i>	<i>No injury</i>	<i>Minor injury absence &lt; 2 day</i>	<i>Major injury absence &gt; 2 days</i>	<i>Single fatality</i>	<i>Multiple fatalities</i>
	<i>Environment</i>	<i>No pollution</i>	<i>Minor local effect. Can be cleaned up easily</i>	<i>Significant local effect. Will take more than 1 man week to remove.</i>	<i>Pollution has significant effect upon the surrounding ecosystem (e.g. population of birds or fish)</i>	<i>Pollution that can cause massive and irreparable damage to ecosystem.</i>
		A	B	C	D	E

Gambar 2. 3 Matriks risiko

(sumber: DNV RP-G101)

#### **2.4.2 Manfaat *Risk Based Inspection* (RBI)**

Adapun beberapa manfaat saat menggunakan metode *risk based inspection* yaitu:

1. Memperbaiki manajemen keselamatan dan kesehatan kerja serta operasional.
2. focus pada peralatan yang berada pada area risiko tinggi.
3. Informasi yang diperoleh dari inspeksi pada suatu peralatan dapat digunakan untuk menentukan jangka waktu dan ruang lingkup inspeksi pada satu peralatan yang sama dan tipikal.
4. Program RBI adalah program yang dinamis; risiko selalu diperbarui setelah inspeksi atau bila peralatannya sama, perubahan kondisi proses atau kejadian jika informasi baru merupakan informasi yang layak untuk dipertimbangkan.
5. Metode yang digunakan untuk menentukan jangka waktu dan ruang lingkup didokumentasikan dan dapat digunakan lagi.
6. Meningkatkan kemampuan dan memperpanjang umur komponen.
7. Optimalisasi jadwal perbaikan dan pergantian peralatan.

#### **2.4.3 Batasan RBI**

Adapun Batasan dari metode RBI yaitu tidak akan menghilangkan risiko probabilitas dan konsekuensi risiko dari peralatan akan selalu ada. RBI berguna untuk membantu mengatur dan mengontrol risiko ke tingkat yang masih bias diterima dengan memprioritaskan sumber daya kepada komponen yang diketahui memiliki risiko tinggi [5].

#### **2.5 *Isograph Availability Workbench***

*Isograph availability workbench* adalah Salah satu *software* dalam hal keandalan dan perawatan yang dimana salah satu distribusi kegagalan yang dihasilkan yaitu distribusi weibull. Distribusi weibull tersebut digunakan dalam dalam hal keandalan (*Realibility*) dimana distribusi kegagalan yang dihasilkan digunakan dalam analisa keandalan suatu komponen. Distribusi kegagalan akan membentuk suatu kurva

dimana kurva tersebut menghasilkan perawatan komponen itu sendiri sehingga dapat mempermudah dilakukan suatu perawatan. Dalam kurva distribusi weibull menghasilkan *Probability Density Function* yang merupakan nilai yang menunjukkan kemungkinan munculnya nilai dalam suatu range kegagalan dan menghasilkan kurva *failure rate* merupakan banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem [5].

## 2.6 Laju Kegagalan

Laju kegagalan adalah  $\lambda$  adalah banyaknya kegagalan persatuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem. Dalam beberapa kasus, laju kegagalan dapat ditunjukkan sebagai penambahan (*Increasing failure Rate*) pada saat fungsi laju kegagalan (t) adalah fungsi penambahan, penurunan atau konstan [5].

Persamaan nilai keandalan R(t) :

$$R(t) = e^{-\frac{(t-\gamma)^\beta}{\eta}} \quad (2.2)$$

Persamaan laju kegagalan (failure rate) :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{r(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (2.3)$$

Persamaan waktu rata-rata mencapai kegagalan (MTTF) :

$$MTTF = \eta r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2.4)$$

$$t = MTTF \quad (2.5)$$

### 2.6.1 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull banyak digunakan karena memiliki beberapa bentuk sehingga mampu memodelkan berbagai data. Jika *time to failure* dari suatu sistem adalah  $t$  mengikuti distribusi Weibull dengan tiga tipe parameter:

- Bentuk ( $\beta$ )
- Skala ( $\eta$ )
- Lokasi ( $\gamma$ )

Maka persamaan fungsi densitas probabilitasnya (pdf) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.6)$$

$$f(t) \geq 0 ; t \geq \gamma ; \beta \geq 0 ; \eta \geq 0$$

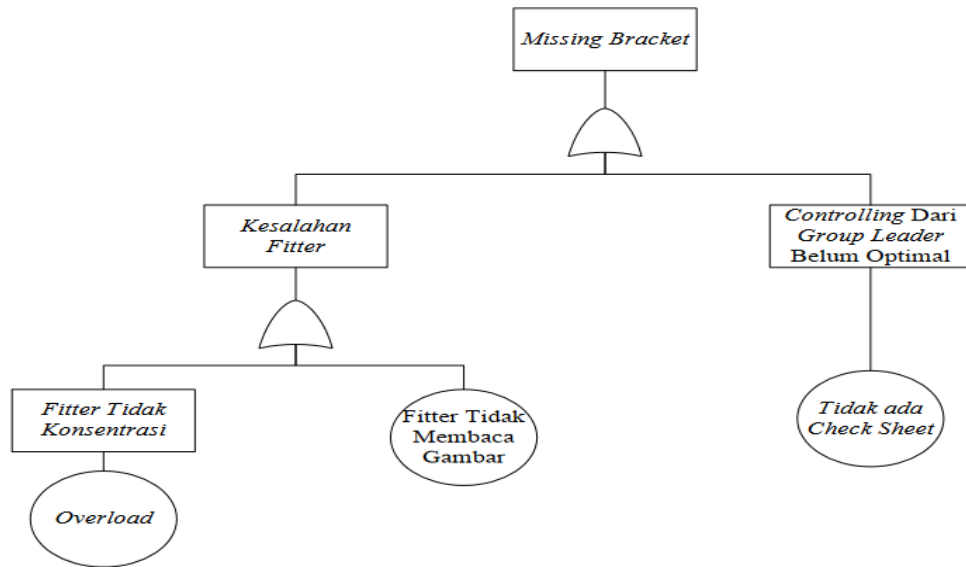
### 2.7 Fault Tree Analysis

*Fault tree analysis* (FTA) merupakan suatu identifikasi kegagalan terhadap suatu komponen (sistem *failure*) yang dimana pada komponen saling berhubungan satu sama lain untuk hal operasional kerja sistem tersebut. Fungsi pada FTA dikenal sebagai “*Top Down*” dimana analisa dilakukan dari level atas lalu meneruskannya kebawah.

Model grafis FTA mempunyai beberapa simbol kejadian seperti intermediate event, basic event, dan undeveloped event. Selain itu, juga ada simbol gerbang dan transfer. Simbol gerbang yang digunakan adalah simbol gerbang *AND* dan *OR*. Serta, dipakai juga simbol *transfer* untuk menghubungkan antar model grafis FTA.

Hasil model grafis FTA dapat dibuktikan pada hasil brainstorming dari para responden. Brainstorming merupakan hasil pemikiran dimana dalam penelitian ini bertujuan untuk memperkuat suatu argument dalam bentuk tulisan yaitu analisa dan gambar yaitu model grafis FTA. Model gerbang *AND* dan *OR* dibuat berdasarkan salah satu pilihan dari hasil *brainstorming* tersebut. Pilihan ‘salah satu kejadian terjadi memakai simbol *OR* dimana *event* disebabkan oleh salah satu kejadian atau ada

salah satu faktor yang paling dominan terjadi. Sedangkan, pilihan ‘gabungan kejadian’ memakai simbol *AND* dimana *event* disebabkan oleh semua kejadian yang terjadi secara bersamaan dan semua kejadian tersebut menyebabkan adanya *intermediate event* dan atau *top event* [7].



Gambar 2. 4 Contoh *fault tree analysis*  
(Sumber : Muhammad Nur Muliato Putra, dkk 2015)

## 2.8 Failure Mode Effects Analysis (FMEA)

*Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) merupakan salah satu teknik yang sistematis untuk menganalisa kegagalan. Teknik ini dikembangkan pertama kali sekitar tahun 1950-an oleh para *reliability engineers* yang sedang mempelajari masalah yang ditimbulkan oleh peralatan militer yang mengalami mulfungsi. Teknik analisa ini lebih menekankan pada *hardware oriented approach* atau *bottom-up approach*. Dikatakan demikian karena analisa yang dilakukan dimulai dari peralatan dan meneruskannya ke sistem yang merupakan tingkat yang lebih tinggi [9]. FMEA sering menjadi langkah awal dalam mempelajari keandalan sistem. Kegiatan FMEA melibatkan banyak hal – seperti me-review berbagai komponen, rakitan, dan subsistem – untuk mengidentifikasi mode – mode kegagalannya, penyebab kegagalannya, serta dampak kegagalan yang

ditimbulkan. Untuk masing- masing komponen, berbagai mode kegagalan berikut dampaknya pada sistem ditulis pada *FMEA worksheet*.

Sebuah FMEA akan berubah menjadi FMECA (*failure mode, effects, and criticality analysis*) jika kekritikan atau prioritas akan dikaitkan dengan dampak dari mode kegagalan yang ditimbulkan oleh sebuah komponen. Secara umum tujuan dari penyusunan FMEA adalah sebagai berikut:

1. Membantu dalam pemilihan desain alternatif yang memiliki keandalan dan keselamatan potensial yang tinggi selama fase desain.
2. Untuk menjamin bahwa semua bentuk mode kegagalan yang dapat diperkirakan dampak yang ditimbulkannya terhadap kesuksesan operasional sistem telah dipertimbangkan.
3. Membuat daftar kegagalan potensial, serta mengidentifikasi seberapa besar dampak yang ditimbulkannya.
4. Menembangkan kriteria awal untuk rencana dan desain pengujian serta untuk membuat daftar pemeriksaan sistem.
5. Sebagai basis analisa kualitatif keandalan dan ketersediaan.
6. Sebagai dokumentasi untuk referensi pada masa yang akan datang untuk membantu menganalisa kegagalan yang terjadi di lapangan serta membantu bila sewaktu-waktu terjadi perubahan desain.
7. Sebagai data input untuk studi banding.
8. Sebagai basis untuk menentukan prioritas perawatan korektif FMEA merupakan salah satu bentuk analisa kualitatif, dan FMEA harus dilakukan oleh seorang desainer pada tahap desain sistem. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi desain di area mana yang masih memerlukan perbaikan agar persyaratan keandalan dapat dipenuhi.

Tabel 2. 4 *Failure modes and effects analysis (FMEA)*

<i>Description of unit</i>		<i>Function</i>	<i>Description of Failure</i>			<i>Effect of failure</i>		<i>Risk reducing measure</i>
<i>No.</i>	<i>Component</i>		<i>Failure Mode</i>	<i>Failure mechanism</i>	<i>Detecting of failure</i>	<i>Local</i>	<i>system</i>	

Sumber: Analisa Keandalan Sistem Bahan Bakar Dengan *Metode Risk Based Inspection and Maintenance (RBIM)* pada Kapal KM. Lambelu

FMEA sangat sederhana untuk dilakukan. FMEA tidak membutuhkan keterampilan yang canggih bagi seorang personel untuk melakukan analisa. Hal yang diperlukan dalam menganalisa adalah untuk mengetahui dan memahami fungsi dari sistem dan beberapa councstrain dimana sistem itu harus dapat beroperasi. Berikut ini beberapa pertanyaan dasar yang harus dijawab oleh seorang analis dalam melakukan analisa FMEA. [5]

1. Bagaimana masing-masing komponen mengalami kegagalan?
2. Mekanisme apa yang mungkin menghasilkan suatu mode kegagalan tertentu?
3. Apa dampak dari kegagalan yang terjadi?
4. Apakah kegagalan yang terjadi ada kaitannya dengan keselamatan atau tidak?



5. Bagaimana kegagalan itu dapat dideteksi?
6. Apa yang harus disediakan desain untuk mengkompensasi kegagalan?
7. Pertanyaan-pertanyaan tersebut di atas akan ditabelkan dalam sebuah spread sheet.