

**ANALISA RISIKO *FMECA* PADA KAMAR MESIN
KMP TAKABONERATE 500 GT**

SKRIPSI

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



MUH. TAUFIK BASTIAN

D33114006

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

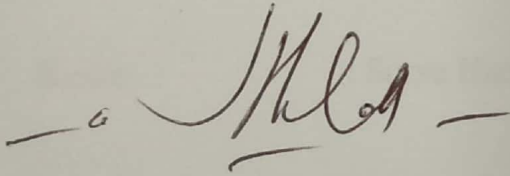
Judul Skripsi : ANALISA RISIKO FMECA PADA KAMAR MESIN
KMP. TAKABONERATE 500GT

Nama Mahasiswa : MUH. TAUFIK BASTIAN
NIM : D33114006

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

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal
30-11-2020

Pembimbing I



Surya Hariyanto S.T., M.T
NIP. 197107022000121001

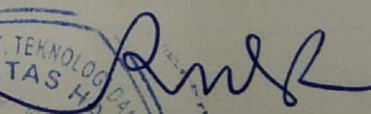
Pembimbing II



Andi Husni Sitepu S.T., M.T
NIP. 197702712001121001

Menyetujui,
a.n Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Sekertaris,




M. Rusydi Alwi ST., MT.
NIP. 1973011232000121001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan sesuai hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di 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 ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur- unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Gowa, 30 November 2020

Yang membuat pernyataan



MUH. TAUFIK BASTIAN
NIM: D33114006

ABSTRAK

Muh. Taufik Bastian (2020). Analisis risiko *FMECA* pada kamar mesin KMP.TAKABONERATE 500GT Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin.

Pembimbing: Surya Hariyanto ST, MT dan Andi Husni Sitepu ST, MT

Kapal Penyeberangan Penumpang *KMP. TAKABONERATE 500GT* merupakan kapal baru yang sedang dalam proses pembangunan pada galangan kapal PT. Industri Kapal Indonesia (Persero), Makassar. Untuk kapal baru (New Building) dokumen *FMECA* sangat dibutuhkan untuk mitigasi dan perawatan komponen-komponen pada kamar mesin. Penelitian ini bertujuan menganalisis mode kegagalan dan efeknya pada sistem bahan bakar, sistem pendingin mesin dan sistem minyak pelumas agar langkah-langkah pencegahan bisa dilakukan oleh awak kapal. Dalam penelitian ini metodologi yang digunakan ialah *FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis)*. Nilai RPN tertinggi dapat disimpulkan bahwa komponen dengan tingkat risiko lebih tinggi pada semua sistem ialah sistem perpompaan dan RPN dengan tingkat risiko rendah pada semua sistem ialah tanki penampungan.

ABSTRACT

Passenger Ship KMP. TAKABONERATE 500GT is a new ship that is under construction at the PT. Industri Kapal Indonesia (Persero), Makassar. For new ships (New Building), FMECA documents are needed for mitigation and maintenance of components in the engine room. This study aims to analyze the failure modes and their effects on the fuel system, engine cooling system and lubricating oil system so that preventive measures can be taken by the crew. In this study, the methodology used is FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis). The highest RPN value can be concluded that the component with a higher risk level in all systems is the pumping system and the RPN with a low risk level in all systems is the storage tank.

Key Word : KMP.TAKABONERATE 500GT, FMECA, RPN, Machining System (Fuel Oil System, Cooling System and Lubricating Oil System)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirahim

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa pencipta alam semesta atas segala limpahan rahmat serta nikmat yang tiada pernah terputus kepada panulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISA RISIKO *FMECA* PADA KAMAR MESIN KMP TAKABONERATE 500 GT” dapat terselesaikan dengan baik. Salam dan shalawat senantiasa pula kita haturkan kepada nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program S1 (Strata Satu) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang 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 Andi Haris Muhammad ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah banyak membantu dan mengarahkan penulis selama proses perkuliahan.
3. Bapak Surya Hariyanto ST., MT., Selaku Pembimbing I sekaligus Penasehat Akademik penulis yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bantuan dan bimbingannya kepada penulis.

4. Bapak Andi Husni Sitepu ST., MT., Selaku Pembimbing II yang telah memberikan banyak ilmu, pengalaman, motivasi serta bantuan kepada penulis baik didalam maupun diluar kampus.
5. Bapak Ir. H. Zulkifli MT., dan Bapak Rusydi Alwi ST., MT., selaku Penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran kepada penulis.
6. Seluruh Dosen, Staf dan Pegawai Teknik Sistem Perkapalan yang telah mendidik, membimbing dan membantu penulis selama proses perkuliahan.
7. Bapak Sopyan Chalil ST., Selaku KaPro KMP. TAKABONERATE 500 GT yang telah membantu penulis dalam pengambilan data.
8. Saudara-saudara TEKNIK 2014 atas kebersamaannya selama ini bersama penulis.
9. Saudara-saudara ZTRINGER 2014 atas kebersamaannya selama ini bersama penulis.
10. Kanda Zenior dan dinda-dinda atas bantuannya kepada penulis.
11. Warga OKSP FT-UH yang telah kebersamai penulis selama berhimpunan.

12. Dan semua pihak yang tidak cukup untuk penulis sebutkan namanya satu per satu.

Penulis sadar akan kendala yang selama ini dihadapi, akan tetapi ketekunan, kesabaran dan yang terpenting doa seiring usaha serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca dan khususnya kepada penulis sendiri.

Gowa, November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
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
BAB II. LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Bangunan Terapung	5
2.2 Kamar Mesin	5
2.3 Manajemen Risiko.....	7
2.4 Penilaian Risiko.....	7
2.5 Keandalan.....	8
2.6 Kegagalan (<i>Failure</i>)	11
2.7 <i>Failure Mode and Effect Critical Analysis</i> (FMECA)	13

2.7.1 Model <i>FMECA</i> dalam Penentuan Komponen Kritis	16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	25
3.2 Metode Pengumpulan Data	25
3.3 Teknik Pengambilan Data	26
3.4 Metode Pengolahan Data.....	26
3.5 Data Kapal.....	28
3.6 Diagram Alir.....	29
BAB IV. PEMBAHASAN	30
4.1. Sistem Bahan Bakar	30
4.1.1 Fungsi Komponen Sistem Bahan Bakar	32
4.1.2. Identifikasi Kegagalan	32
4.1.3 Mode Kegagalan Sistem Bahan Bakar	35
4.1.4 Penentuan Nilai <i>Severity</i> Sistem Bahan Bakar.....	38
4.1.5 Penentuan Nilai Occurance Sistem Bahan Bakar.....	39
4.1.6 <i>Risk Priority Number</i> (RPN) Sistem Bahan Bakar.....	40
4.1.7 <i>FMECA</i> Sistem Bahan Bakar.....	41
4.2. Sistem Pendingin.....	42
4.2.1 Fungsi Komponen Sistem Pendingin	43
4.2.2. Identifikasi Kegagalan	44
4.2.3 Mode Kegagalan Sistem Pendingin.....	46
4.2.4 Penentuan Nilai <i>Severity</i> Sistem Pendingin.....	48
4.2.5 Penentuan Nilai Occurance Sistem Pendingin	49
4.2.6 <i>Risk Priority Number</i> (RPN) Sistem Pendingin	50
4.2.7 <i>FMECA</i> Sistem Pendingin	51
4.3. Sistem Pelumas.....	52
4.3.1 Fungsi Komponen Sistem Pelumas	53
4.3.2. Identifikasi Kegagalan	54
4.3.3 Mode Kegagalan Sistem Pelumas	57

4.3.4 Penentuan Nilai <i>Severity</i> Sistem Pelumas	59
4.3.5 Penentuan Nilai Occurance Sistem Pelumas.....	60
4.3.6 <i>Risk Periority Number</i> (RPN) Sistem Pelumas	61
4.3.7 FMECA Sistem Pelumas.....	62
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidup Sistem.....	11
Gambar 3.1 KMP TAKABONERATE.....	28
Gambar 4.1 Fungsional Diagram Sistem Bahan Bakar dan Subsistem.....	31
Gambar 4.2 Fungsional Diagram Sistem Pendingin dan Subsistem.....	42
Gambar 4.3 Fungsional Diagram Sistem Pelumas dan Subsistem	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi RPN	19
Tabel 2.2 <i>Severity Rating</i>	20
Tabel 2.3 <i>Occurance rating</i>	22
Tabel 2.4 <i>Detection rating</i>	22
Tabel 2.5 <i>Typical Risk Matrix for FMECA</i>	24
Tabel 4.1 Komponen Sistem Bahan Bakar dan Subsistem	22
Tabel 4.2 Komponen Sistem Pendingin dan Subsistem	22
Tabel 4.3 Komponen Sistem Pelumas dan Subsistem	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Kamar Mesin.....
Lampiran 2. Diagram Sistem Bahan Bakar
Lampiran 3. Diagram Sistem Pendingin.....
Lampiran 4. Diagram Sistem Pelumas.....
Lampiran 5. Hasil Wawancara Waktu Kerusakan Komponen
Lampiran 6. Dokumentasi Komponen.....

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kapal Penyeberangan Penumpang *KMP. TAKABONERATE 500GT* merupakan kapal baru yang sedang dalam proses pembangunan pada galangan kapal PT. Industri Kapal Indonesia (Persero), Makassar. Kapal Ro-Ro adalah kapal yang bisa memuat kendaraan yang berjalan masuk ke dalam kapal dengan penggeraknya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri juga, sehingga disebut sebagai kapal *roll on - roll off* atau disingkat *Ro-Ro*. Oleh karena itu, kapal ini dilengkapi dengan pintu rampa yang dihubungkan dengan *moveble bridge* atau dermaga apung ke dermaga. Kapal Roro selain digunakan untuk angkutan truk juga digunakan untuk mengangkut mobil penumpang, sepeda motor serta penumpang jalan kaki.

Dalam pembangunan kapal baru yang melalui serangkaian tahapan proses produksi yang panjang seringkali terjadi beberapa hambatan, baik hambatan dalam hal teknis maupun nonteknis yang dapat mempengaruhi kegiatan/ proses produksi tersebut sehingga target yang dituju meleset/tidak tercapai. Jika suatu target tersebut tidak tercapai maka dapat dikatakan bahwa proses pembangunan kapal tersebut tidak sukses. Tolak ukur kesuksesan sebuah pembangunan kapal dapat dilihat dari lamanya pekerjaan yang sama dengan perencanaan awal atau bahkan lebih cepat dari perencanaan awal (schedule) dan sesuai dengan spesifikasi yang dituangkan dalam kontrak. Seiring berjalannya waktu seringkali

terjadi beberapa hambatan/ Risiko yang dapat menghambat proses produksi dan pada akhirnya membuat waktu penyelesaian menjadi lebih lama dari perhitungan awal.

Perencanaan perbaikan komponen (*maintenance*) pada sebuah kapal baru dibutuhkan untuk mempersiapkan langkah-langkah antisipasi selama pengoperasian kapal dan sebagai referensi untuk *crew* kapal untuk pemeliharaan dan perawatan guna memastikan komponen-komponen diatas kapal berada dalam kondisi normal.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan diatas, maka penulis akan meneliti mengenai:

**“ANALISA RISIKO *FMECA* PADA KAMAR MESIN
KMP TAKABONERATE 500GT”**

I.2. Rumusan Masalah

Karena pentingnya sistem instalasi pada kamar mesin kapal penyeberangan *KMP.TAKABONERATE* 500 GT, maka sistem instalasi pada kamar mesin akan ditinjau Risiko kegagalannya menggunakan metode FMECA (*Failure Mode Effect and Criticality Analysis*).

I.3. Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah Kapal KMP. TAKABONERATE 500 GT
2. Penelitian difokuskan pada sistem instalasi bahan bakar, Sistem Pendingin dan sistem pelumas.
3. Metode yang digunakan adalah FMECA (*Failure Mode Effect and Criticality Analysis*).

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis mode kegagalan dan efeknya terhadap instalasi pada kamar mesin.
2. Menentukan komponen kritis pada kamar mesin sesuai tingkat RISIKO.

I.5. Manfaat Penelitian

1. Dengan adanya dokumen *FMECA*, dapat memudahkan *owner* untuk merawat komponen instalasi yang ada pada kamar mesin.
2. Sebagai landasan untuk melakukan mitigasi dan implementasi pada pembangunan kapal di PT. Industri Kapal Indonesia-Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bangunan Terapung

Bangunan terapung dalam hal ini dimaksudkan adalah kapal yang merupakan sarana transportasi laut yang setiap harinya tentu berada di laut. Kapal haruslah selalu dalam kondisi yang baik sehingga keselamatan barang dan penumpang terjaga dengan baik. Olehnya itu sedari dini komponen-komponen yang ada pada sebuah kapal haruslah diperhatikan sejak kapal itu mulai dibangun. Kesalahan dalam membangun kapal akan menimbulkan Risiko yang sangat besar, dapat mengancam keselamatan penumpang dan tentu dapat menimbulkan kerugian besar kepada pemilik kapal (*owner*).

Bagian kapal yang mendapat perhatian lebih saat pembangunan kapal adalah bagian kamar mesin dikarenakan komponen yang ada didalam kamar mesin merupakan bagian vital pada sebuah kapal. Didalam kamar mesin terdapat komponen-komponen yang menunjang bergeraknya sebuah kapal, oleh sebab itu dalam pembangunan sebuah kapal peralatan yang ada dalam kamar mesin harus diperhatikan dengan teliti pemasangannya agar berada dalam kondisi yang baik dan prima saat kapal melakukan pelayaran.

II.2 Kamar Mesin

Instalasi kamar mesin harus dirancang sesuai dengan peraturan KLAS dan persyaratan keselamatan dari Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Direktorat

Jenderal Perhubungan Darat dan peraturan pemerintah lainnya yang berlaku. Susunan dan penempatan instalasi mesin, perlengkapan mesin dan alat bantu lainnya harus direncanakan sehingga tersedia ruang gerak yang cukup untuk pengoperasian dan perawatan dari bagian-bagian mesin dan sistem pipa. Kapal digerakkan oleh 2 (dua) buah mesin induk yang dihubungkan ke baling-baling dengan perantara sistem *reduction reversing gear* dan dilengkapi dengan sistem pengendalian dari jarak jauh yang digerakkan secara electric pneumatic dari rumah kemudi (wheel house) dan ruang kontrol kamar mesin melalui mekanisme tuas kendali dengan dua lever kembar. Kapal dilengkapi 2 (dua) buah mesin bantu yang menggerakkan generator listrik arus bolak-balik untuk keperluan pemakaian tenaga listrik dan penerangan di atas kapal.

II.2.1 Mesin Induk (*Main Engine*)

Mesin penggerak utama disebut juga mesin induk merupakan komponen utama pada sebuah kapal. Benda ini yang menggerakkan sebuah kapal dalam operasinya membawa muatan dari pelabuhan ke pelabuhan (*Port to Port*) baik barang padat, cairan, gas maupun manusia. Mesin penggerak utama dalam kemaritiman diutamakan dari jenis mesin diese (2 tak dan 4 tak). Komponen-komponen yang ada pada mesin induk: Cyilinder, Cylinder head, Piston, Connecting rod, Crankshaft, Flywheel, Camshaft, Crankcase, dll.

II.2.2 Mesin Bantu (*Auxiliary Engine*)

Mesin bantu adalah Seluruh mesin yang ada diatas kapal baik yang berada diatas kapal deck maupun di dalam kamar mesin kecuali mesin induk yang

fungsinnya memperlancar pengoperasian mesin induk dan operasi kapal secara berkesinambungan.

II.2.3 Instalasi Perpipaan

Sistem perpipaan merupakan sistem kompleks yang didesain seefektif dan seefisien mungkin untuk memenuhi kebutuhan dalam kapal ,crew ,muatan dan menjaga keamanan kapal baik saat berlayar ataupun berlabuh. Secara umum sistem pipa dapat diartikan sebagai bagian utama suatu sistem yang menghubungkan titik dimana fluida di simpan ke titik pengeluaran semua pipa baik untuk memindahkan tenaga atau pemompaan harus dipertimbangkan secara teliti karena keamanan dari sebuah kapal akan tergantung pada susunan perpipaan seperti halnya pada perlengkapan kapal lainnya.

II.3 Manajemen Risiko

Pengertian risiko itu sendiri adalah kemungkinan akan terjadinya akibat buruk atau akibat yang merugikan. Dalam prespektif kontraktor risiko adalah kemungkinan terjadinya sesuatu keadaan/peristiwa/kejadian dalam proses kegiatan usaha, yang dapat berdampak negatif terhadap pencapaian sasaran usaha yang telah ditetapkan. (Asiyanto 2005).

II.4 Penilaian Risiko

Penilaian risiko adalah suatu proses penilaian terhadap suatu risiko yang terjadi pada tahapan proses pekerjaan dengan beberapa tahapan prosedur dalam

penilaian risiko, pada proses tahapan penilaian risiko menggunakan standarisasi sebagai acuan dalam menentukan peringkat/rating risiko tersebut. Beberapa kerangka kerja manajemen risiko yang umumnya menjadi standar adalah *The Australian New Zealand Risk Management Standart (AS/NSZ 4360, 2004)*, *The Canadian Risk Management Standart (CSA, 1997)*, *The Japanese Industrial Standart Risk Managemen Sistem (JSA, 2001)*, dan *British Standart Risk Management Process (BSI, 2000)*.

II.5 Keandalan

Didefenisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. Terminologi item yang dipakai dalam defenisi keandalan diatas dapat mewakili sembarang komponen, subsistem, atau sistem yang dapat dianggap sebagai satu kesatuan.

Probabilitas merupakan komponen pokok utama dalam keandalan, merupakan input numeric bagi pengkajian keandalan suatu sistem yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai suatu sistem. Pada beberapa kajian yang melibatkan disiplin ilmu keandalan, probabilitas bukan merupakan satu-satunya indeks, ada beberapa indeks lain yang dapat dipakai untuk menilai keandalan suatu sistem yang sedang dikaji.

Pada dasarnya komponen keandalan dibagi menjadi empat komponen, yaitu :

1. Peluang (*probability*), merupakan nilai yang menunjukkan berapa jumlah kemungkinan kegagalan akan terjadi dari sejumlah operasi.
2. Kinerja (*performance*), merupakan kemampuan aset mampu melaksanakan fungsi yang diinginkan.
3. Waktu (*Time*), merupakan periode yang digunakan dalam pengukuran peluang aset mampu melaksanakan fungsinya.
4. Kondisi pengoperasian (*Operational Condition*), merupakan pernyataan kondisi bagaimana untuk mendapatkan angka keandalan.

Konsep analisa keandalan adalah bertolak dari pemikiran layak atau tidaknya suatu sistem melakukan fungsinya. Keandalan atau reliability dapat diartikan sebagai peluang bahwa sebuah komponen akan mampu melaksanakan sebuah fungsi yang spesifik dalam suatu kondisi operasi dan periode waktu tertentu. keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem pemeliharaan yang digunakan untuk menentukan jadwal perawatan. Konsep keandalan sangat berguna pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan penggantian peralatan dan komponen mesin.

Dalam menganalisa keandalan, secara umum ada dua metode yang biasa digunakan, yaitu analisa kualitatif dan analisa kuantitatif :

1. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dapat dibedakan menjadi bagian besar yaitu analisa secara statistik dan evaluasi dengan metode simulasi. Analisa ini terdiri

dari Perhitungan langsung untuk sistem yang sederhana, pendekatan dengan probabilitas kondisional,

2. Analisa Kualitatif

Analisa kualitatif merupakan analisa mode dan dampak kegagalan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode Effects and Analysis*), FMECA (*Failure Mode Effects Critically Analysis*)

Setiap komponen mesin pasti mengalami kegagalan. Kegagalan yang terjadi memiliki kurva, kurva itu seperti bak mandi, atau biasa disebut bathub hazard rate curve. Kurva ini terbagi dalam tiga area, yaitu :

1. Area A, disebut : Masa Awal (laju kegagalan menurun).

Pada fase ini, laju kegagalan (hazard rate) suatu sistem mengalami penurunan, dan biasanya hal ini merupakan ciri awal penggunaan mesin. Pada fase menunjukkan dapat terjadi kegagalan dini. Kegagalan dini terjadi akibat proses yang tidak terpantau oleh bagian quality control. Probabilitas kegagalan pada saat ini akan lebih besar dibanding pada saat yang akan datang.

2. Area B, disebut : Masa Berguna (laju kegagalan konstan).

Fase ini memiliki laju kegagalan yang cenderung konstan dan merupakan laju kegagalan yang rendah. Fase ini biasa disebut usefull life. Kegagalan yang terjadi pada fase ini biasanya diakibatkan oleh pembebanan yang tiba-tiba yang besarnya diluar batas kemampuan

komponen atau kondisi ekstrim lainnya. Biasanya penggantian alat terjadi pada fase.

3. Area C, disebut : Masa Aus (laju kegagalan meningkat).

Fase ini memiliki laju kegagalan yang cenderung tajam atau meningkat, hal ini dikarenakan mulai memburuknya kondisi alat atau komponen sehingga fase ini disebut pemakaian yang melebihi umur komponen (wear out).



Gambar 2.1 Siklus Hidup Sistem

II.6 Kegagalan (*Failure*)

Kegagalan dapat didefinisikan sebagai terhentinya kemampuan suatu item dapat berupa komponen sampai berupa satu sistem yang kompleks untuk menjalankan fungsinya. Kegagalan dari suatu komponen dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu : (*Dwi Priyanta, 2000*)

- Kegagalan primer (*Primary failure*)
- Kegagalan sekunder (*Secondary failure*)

- Kesalahan Perintah (*Command failoure*)

Kegagalan primer dapat didefinisikan sebagai satu komponen berada dalam keadaan rusak (*non-working state*) dimana komponen tersebut memang diperhitungkan akan mengalami kegagalan, sehingga perlu diadakan perbaikan agar komponen tersebut dapat kembali berada dalam keadaan siap bekerja (*working state*).

Kegagalan primer pada komponen akan terjadi pada *design enveloped* dari komponen, dan penyebab dari kegagalan ini adalah umur dari komponen. Sebagai contoh kerusakan pada tangki karena kelelahan material merupakan contoh kegagalan primer. Kegagalan sekunder dapat dikatakan sama dengan kegagalan primer kecuali kegagalan komponen terjadi diluar perhitungan. *Stress* yang berlebihan yang diterima komponen baik pada masa lalu maupun pada saat sekarang merupakan penyebab kegagalan sekunder.

Stress ini melibatkan amplitude dari kondisi yang tidak dapat ditolerir, frekuensi, durasi atau polaritas, dan input sumber energy termal. Perlu dicatat bahwa *strees* yang berlebihan pada komponen tidak akan menjamin akan kembali pada *working state* seperti semula, karena *stress* yang dialami komponen akan meninggalkan kerusakan pada komponen yang direparasi. Kesalahan perintah didefinisikan sebagai komponen berada dalam keadaan rusak (*non-working state*) karena kesalahan sinyal pengontrol atau noise, seringkali aksi perbaikan akan tidak diperlukan untuk mengembalikan komponen pada keadaan semula.

II.7 Failure Mode Effect and Critical Analysis (FMECA)

Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) digunakan sebagai sebuah metodologi untuk mengidentifikasi dan menganalisis semua mode kegagalan potensial dari berbagai bagian sistem, efek kegagalan tersebut terhadap sistem, bagaimana menghindari kegagalan dan atau mengurangi dampak dari kegagalan pada sistem.

FMECA pada awalnya dikembangkan oleh *National Aeronautics and space Administration* (NASA) yang bertujuan untuk meningkatkan dan memverifikasi keandalan *Hardware* program antariksa MIL-STD-785 yang berjudul *Reliability Program for Sistem and Equipment Development and Production* mengulas prosedur untuk melakukan FMECA pada peralatan atau atau sistem. Adapun MIL-STD-1629 merupakan standar militer yang menetapkan persyaratan dan prosedur melakukan FMECA, untuk mengevaluasi dan mendokumentasikan dampak potensial dari setiap kegagalan fungsional atau hardware pada keberhasilan misi, keamanan personil dan sistem, pemeliharaan dan kinerja sistem.

Menurut Rausand (2005), mendefinisikan FMECA adalah sebuah metodologi untuk mengidentifikasi dan menganalisis:

- a. Semua mode kegagalan potensial dari berbagai bagian dari sistem
- b. Efek kegagalan tersebut terhadap sistem Bagaimana menghindari kegagalan dan atau mengurangi dampak dari kegagalan pada sistem.

Prosedur *Failure Modes Effects and Criticality Analysis* (FMECA) secara garis besar dapat meliputi beberapa langkah secara sistematis diantaranya (Modarres, M at all, 2009) :

- a. Mengidentifikasi semua failure modes potensial dan penyebabnya.
- b. Evaluasi dampak pada setiap failure modes dalam sistem.
- c. Mengidentifikasi metode dalam mendeteksi kerusakan/kegagalan.
- d. Mengidentifikasi pengukuran korektif untuk failure modes.
- e. Akses frekuensi dan tingkat kepentingan dari kerusakan-kerusakan penting untuk analisa kritis, dimana dapat diaplikasikan

Sedangkan menurut Zafiropoulus dan Dialynas (2005), langkah-langkah dasar dalam FMECA konvensional meliputi :

- a. Mendefinisikan sistem, yang meliputi identifikasi fungsi internal dan interface, kinerja yang diharapkan dalam berbagai tingkatan kompleksitas, pembatasan sistem dan definisi kegagalan.
- b. Melakukan analisis fungsional, yang mengilustrasikan kegiatan operasi keterkaitan, dan ketergantungan entitas fungsional.
- c. Mengidentifikasi failure mode dan dampaknya, seluruh failure mode potensial dari item dan interface diidentifikasi dan dampaknya terhadap fungsi langsung, item dan sistem harus didefinisikan secara jelas.
- d. Menentukan severity rating (S) dari failure mode, yang mengacu kepada seberapa serius dampak atau efek dari failure mode.

- e. Menentukan occurrence rating (O) dari frekwensi terjadinya failure mode dan analisis kekrittisan failure mode. Dengan asumsi bahwa komponen sistem cenderung akan mengalami kegagalan dalam berbagai cara, informasi ini digunakan untuk menggambarkan aspek yang paling kritis dari desai sistem.
- f. Menentukan Detection rating (D) dari design control criteria terjadinya failure mode.
- g. Risk Priority Number (RPN) Merupakan hasil perkalian bobot Severity, Occurance dan Detection. Hasil ini akan dapat menentukan komponen kritis.

FMECA terdiri dari dua analisis yang berbeda, yaitu ;

1. Analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Yaitu proses pengidentifikasian faktor penyebab terjadinya kegagalan dan efek yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan tersebut.

2. Analisis CA (*Criticality Analysis*)

Yaitu proses penilaian dan pengklasifikasian risiko kegagalan sistem, peluang terjadinya kegagalan, dan tingkat keparahan setiap kegagalan dalam bentuk nilai nyata pada masing-masing titik kritis yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya.

FMECA merupakan alat yang digunakan untuk pengelolaan risiko yang memiliki kualitas terhadap batas penerapan sistem keamanan yang lengkap. Teknik ini menyediakan analisa risiko untuk perbandingan satu komponen kegagalan terhadap penyebab kegagalan yang dapat dihindari. Risiko adalah ukuran dari kombinasi konsekuensi modus kegagalan dan kemungkinan kejadian kegagalan tersebut pada sistem. Hasil perhitungan risiko terbesar menjadi prioritas kegagalan yang paling utama untuk direncanakan perbaikannya.

Proses evaluasi terhadap titik kritis dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan RPN (*Risk Priority Number*). Pendekatan RPN cenderung menggunakan metode kualitatif dalam mengurutkan ranking *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) dengan bantuan skala numerik 1 sampai 10. Pendekatan RPN banyak digunakan oleh industri otomotif. Setiap ranking yang diperoleh dari ketiga faktor penilaian nantinya dikalikan untuk mendapat nilai RPN. Nilai RPN tersebut memperlihatkan tingkat kritis dari setiap titik kritis yang terdeteksi pada sistem. Semakin tinggi nilai RPN akan memberikan asumsi bahwa titik kritis tersebut semakin penting untuk diprioritaskan dalam pemberian tindakan koreksi. Prioritas pemberian tindakan koreksi pun nantinya tidak hanya dilakukan berdasarkan perolehan nilai RPN tetapi juga turut ditentukan berdasarkan posisi titik kritis pada matriks kritikal.

II.7.1 Model FMECA dalam Penentuan Komponen Kritis

Langkah-langkah Model *Failure Mode Effects and Criticality Analysis* (FMECA) dijabarkan sesuai dengan diagram alir penelitian sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi, yang meliputi identifikasi fungsi dan kinerja yang diharapkan dalam berbagai tingkatan kompleksitas, pembatasan sistem dan definisi kegagalan.
- b. Mengidentifikasi mode kerusakan potensial, seluruh failure mode potensial dari item dan interface diidentifikasi dan dampaknya terhadap fungsi langsung, item dan sistem harus didefinisikan secara jelas.
- c. Menentukan *severity* rating (S) dari failure mode, mengacu kepada seberapa serius dampak atau efek dari failure mode.
- d. Menentukan *occurance* rating (O) dari frekuensi terjadinya *failure* mode dan analisis kekritisan *failure mode*. Dengan asumsi bahwa komponen sistem cenderung akan mengalami kegagalan dalam berbagai cara, informasi ini digunakan untuk menggambarkan aspek yang paling kritis dari desain sistem.
- e. Menentukan *detection* rating (D) dari design kontrol kriteria terjadinya *failure mode*.
- f. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk mengidentifikasi penentuan komponen kritis.

$$(RPN = Severity (S) \times Occurance (O) \times Detection (D))$$

- g. Hasil kumulatif komponen yang memiliki nilai RPN yang tinggi dipilih sebagai kandidat komponen kritis.

A. Risk Priority Number (RPN)

Risk Priority Number adalah ukuran yang digunakan dalam menilai risiko agar membantu mengidentifikasi “*critical failure mode*”. RPN merupakan ukuran kuantitatif untuk mengevaluasi dan menilai modus kegagalan (Lihat Tabel 2.1). Karakteristik ini secara otomatis dapat terhitung menggunakan kriteria dari tiga sub elemen. RPN adalah hasil dari tiga pengukuran kriteria:

- *Severity* (SEV)
- *Occurance Probability* (OCC)
- *Detection Capability* (DET)

B. *Severity* (SEV)

Severity adalah tingkat keparahan dari efek yang ditimbulkan oleh model kegagalan terhadap keseluruhan sistem.. Nilai rating *severity* antara 1 sampai 10. Dimana nilai 1 menunjukkan kondisi terbaik dan nilai 10 menunjukkan kondisi terburuk yang diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap sistem Tabel *severity* ini mengutip dari panduan standar *Automotive Industry Action Group* (AIAG) yang menggambarkan industri otomotif, sedangkan objek penelitian yang digunakan oleh penulis adalah instalasi perpipaan pada kapal, sehingga dilakukan modifikasi dari tabel *severity* AIAG untuk menggambarkan kejadian yang berkaitan dengan sistem perpipaan pada kapal. (lihat tabel 2.2)

C. *Occurance* (OCC)

Tingkat waktu atau kemungkinan terjadinya disebut *likelihood*, adalah estimasi subjektif numerik dari kemungkinan yang menyebabkan mode kegagalan

terjadi. Setiap tim FMEA dapat mengubah karakteristik ini sesuai dengan kemungkinan kegagalan berbeda pada unit tertentu. Tingkat kegagalan dapat dinyatakan sebagai kegagalan per juta jam atau sebagai probabilitas. Tingkat kegagalan dapat dinyatakan sebagai kegagalan per juta jam atau sebagai probabilitas (lihat tabel 2.3)

D. Detection (DET)

Kemampuan memprediksi dapat juga disebut efektivitas. Berupa perkiraan subjektif numerik efektivitas kontrol untuk mencegah atau mendeteksi penyebab atau mode kegagalan sebelum kegagalan dirasakan kostumer. Kriteria (DET) dapat direkomendasikan berdasarkan kemampuan desain *maturity test* untuk mendeteksi modus kegagalan tertentu. Kriteria ini berguna jika tujuannya adalah untuk mengevaluasi program pengujian yang dimaksudkan (lihat tabel 2.4).

Tabel 2.1 interpretasi RPN

Penilaian skor risiko	Pedoman
1 – 17	Risiko rendah Ini memerlukan langkah pengawasan.
18 – 55	Risiko sedang Ini memerlukan langkah pengawasan dan perawatan.
55 – 100	Risiko tinggi Ini memerlukan langkah pengawasan, perawatan dan perbaikan.
100 – 200	Risiko sangat tinggi Ini memerlukan langkah pengawasan, perawatan, perbaikan dan pergantian.

Tabel 2.2 *Severity Rating*

Efek	Kriteria Severity	Peringkat
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Kegagalan yang menghasilkan efek yang sangat berbahaya	10
	Dapat menggagalkan system	
	Kegagalan terjadi tanpa adanya peringatan terlebih dahulu	
	Tidak ada tanda-tanda kerusakan sebelumnya	
	Dapat membahayakan operator	
Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan yang menghasilkan efek yang sangat berbahaya.	9
	Dapat menggagalkan sistem.	
	Dapat membahayakan operator	
	Adanya tanda-tanda kerusakan sebelumnya.	
Sangat Tinggi	Sistem tidak dapat dioperasikan karena ada gangguan besar pada komponen subsistem	8
	100% komponen harus dibongkar	
Tinggi	Sistem tidak dapat dioperasikan karena komponen sistem kehilangan fungsi utamanya	7

Sedang	Sistem dapat beroperasi, tetapi dapat merusak komponen	6
	Mengalami pemborosan bahan baku untuk proses berikutnya, karena tidak ada output yang dihasilkan	
	Ada komponen yang tidak berfungsi	
Rendah	Sistem dapat beroperasi dengan aman tetapi mengalami penurunan performa secara bertahap	5
Sangat Rendah	Gangguan minor pada komponen dengan efek yang sangat rendah	4
Kecil	Komponen dapat beroperasi dengan normal, namun ada gangguan kecil, operator menyadari adanya gangguan.	3
Sangat Kecil	Komponen sistem dapat beroperasi dengan normal, efek dari gangguan tidak mengganggu jalannya operasi mesin	2
Tidak ada Efek	Tidak ada efek sama sekali atau bentuk kegagalan tidak memiliki pengaruh pada mesin maupun komponen sistem.	1
<p>Catatan: Tingkat <i>severity</i> diadopsi dari standar <i>reference manual potential failure mode and effect analysis</i> dari AIAG, dilakukan modifikasi kriteria untuk menyesuaikan objek, kejadian dan istilah di lapangan.</p>		

Tabel.2.3 *Occurance Rating*

Peluang Kegagalan	Kejadian Gagal	Frekuensi Kejadian (5 Tahun)	Peringkat
Sangat Tinggi	1 per 1 bulan	>60	10
	1 per 3 bulan	20	9
Tinggi	1 per 6 bulan	10	8
	1 per 9 bulan	6	7
Sedang	1 per 12 bulan	5	6
	1 per 18 bulan	4	5
Rendah	1 per 24 bulan	3	4
	1 per 48 bulan	2	3
Terkontrol	1 per 60 bulan	1	2
	Tidak pernah sama sekali	<1	1

Catatan: Tingkat *severity* diadopsi dari standar *reference manual potential failure mode and effect analysis* dari AIAG, dilakukan modifikasi kriteria untuk menyesuaikan objek, kejadian dan istilah di lapangan.

Tabel 2.4 *Detection Rating*

Penilaian	Deteksi	Kriteria
10	Mustahil	Sistem kontrol tak dapat mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
9	Sangat kecil	Sangat jauh sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
8	Kecil	Hampir sangat jauh sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan

7	Sangat rendah	Jauh sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
6	Rendah	Sangat rendah sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
5	Moderat	Hampir sangat rendah sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
4	Tidak tinggi	Rendah sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
3	Tinggi	Tinggi sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
2	Sangat tinggi	Sangat tinggi sistem kontrol akan mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan
1	Tepat mendeteksi	sistem kontrol tepat mendeteksi potensi penyebab dan modus kegagalan

E. Risk Matrix

Langkah selanjutnya melaksanakan analisa kekritisan komponen menggunakan risk matrix sesuai kriteria yang telah ditentukan. Hasil akhir yang diperoleh adalah item-item yang termasuk dalam rating of risk “tinggi” berdasarkan risk matrix. Keseluruhan hasil analisa model FMECA dan risk matrix selanjutnya akan yang disajikan dalam bentuk FMECA Worksheet.

Risiko biasa dituliskan dalam bentuk kuantitatif yaitu sebagai ukuran rugi persatuan waktu atau yang menjelaskan hubungan antara *Likelihood* dan

Consequence dalam menentukan tingkat risiko atau yang disebut Matrix risiko.

Tingkatan risiko dibuat penandaan dalam warna sebagai berikut:

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

Tabel 2.5 *Typical Risk Matrix for FMECA*

Frequent Incident is likely to occur at this facility within the next 5 years.	4	L I K E L I H O O D			High Risk			
	Occasional Incident is likely to occur at this facility within the next 15 years.		3					
			Seldom Incident has occurred at a similar facility and may reasonably occur at this facility within the next 30 years.	2		Medium Risk		
				Unlikely Given current practices and procedures, incident is not likely to occur at this facility.	1	Low Risk		
		C O N S E Q U E N C E						
			1	2	3	4		
			Incidental	Minor	Serious	Major		
Personnel		Minor or no injury, no lost time.	Single injury, not severe, possible lost time.	One or more severe injuries.	Fatality or permanently disabling injury.			
Community		No injury, hazard or annoyance to the public.	Odor or noise complaint from the public.	One or more minor injuries.	One or more severe injuries.			
Environmental		Environmentally recordable event with no Agency notification or permit violation.	Release which results in Agency notification or permit violation.	Significant release with serious offsite impact.	Significant release with serious offsite impact and likely to cause immediate or long term health effects.			
Facility		Minimal equipment damage at an estimated cost less than US\$100K, negligible downtime.	Some equipment or structural damage at an estimated cost greater than US\$100K, 1 to 10 days of downtime.	Major damage to installation at an estimated cost than US\$1 MM but less than US\$10 MM, 10 to 90 days of downtime.	Major or total destruction to installation estimated at a cost greater than US\$10 MM, downtime in excess of 90 days.			