

**ANALISA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN DENGAN  
MENGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION**

**SKRIPSI**

*Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin*



**OLEH:**

**NANANG DARUNDANA**

**D331 13 011**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2020**





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

Poros Malino km. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan, Telp. (0411) 586015  
Fax(0411)586015 <http://eng.unhas.ac.id> Email : teknik@unhas.ac.id Makassar 90245

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE RISK BASED INSPECTION**

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik (ST)

Di

Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Universitas Hasanuddin Makassar

Oleh :

**NANANG DARUNDANA**

**D331 13 011**

Tanggal Ujian 13 Agustus 2020

Periode Wisuda I September 2020

Disetujui Oleh :

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

Surya Haryanto, ST., MT.  
Nip : 197107022000121001

M. Rusydi Alwi, ST., MT  
Nip : 197301232000121001

**Penguji I**

**Penguji II**

Ir. Zulkifli MT  
Nip : 195701151988111001

Baharuddin ST., MT  
Nip : 197502021998021001



Ketua Departemen  
Teknik Sistem Perkapalan

Andi Haris Muhammad, S.T., M.T., Ph.D  
Nip : 196904042000031001





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

Poros Malino km. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan, Telp. (0411) 586015  
Fax(0411)586015 <http://eng.unhas.ac.id> Email : teknik@unhas.ac.id Makassar 90245

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi :

**ANALISA PERAWAATAN SISTEM PENDINGIN DENGAN  
MENGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION**

Oleh :

**NANANG DARUNDANA**

**D331 13 011**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing pada :

Tanggal : 14 Agustus 2020

Di : Universitas Hasanuddin Makassar

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Surya Haryanto, ST., MT.**  
NIP. 197107022000121001

**M. Rusydi Alwi, ST., MT.**  
NIP.197301232000121001



Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

**Andi Haris Muhammad, ST. MT, PhD.**  
NIP. 196904042000031001



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini dengan;

Nama : NANANG DARUNDANA

NIM : D331 13 011

Program Studi : TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas/Universitas : Teknik/Universitas Hasanuddin

Judul Skripsi : ANALISA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN DENGAN  
MENGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION

Menyatakan dengan sungguh-sungguhnya serta sebenarnya bahwa skripsi yang saya serahkan melalui penelitian ini adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Makassar, 14 08 2020

Pembuat Pernyataan,

  
Nanang Darundana



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## DAFTAR ISI

Halaman Sampul .....	<b>Error! Bookmark not defined.i</b>
Daftar Tabel .....	iii
Daftar Gambar.....	iv
Kata Pengantar .....	v
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	6
2.1 Keandalan.....	6
2.2 Sistem Pendingin.....	6
2.3 Teknik Analisa.....	9
2.4 <i>Isograph Availability Workbench</i> .....	9
2.5 Laju Kegagalan ( <i>Failure Rate</i> ).....	10
2.6 <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i> .....	11
2.7 <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i> .....	12
2.7 <i>Risk Based Inspection (RBI)</i> .....	15
BAB III. METEDOLOGI PENELITIAN .....	22
3.1    Prosedur penelitian .....	22
3.1.1 Waktu Penelitian.....	22
3.1.2 Pengumpulan Data dan Informasi.....	22
3.2    Studi Literatur.....	24
3.3    Diagram Aliran Penelitian.....	27
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	28
Sistem Pendingin.....	29
PENUTUP.....	54
Kesimpulan.....	54



4.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN.....	57



## Daftar Tabel

Tabel 1. <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (FMEA).....	14
Tabel 2. <i>Consequence Rank</i> .....	18
Tabel 3. Data Perawatan Komponen sistem pendingin tugboat ampenan 1 .....	23
Tabel 4. FMEA system pendingin Subsistem pompa .....	36
Tabel 5. FMEA System Pendingin Subsistem Supply .....	37
Tabel 6. FMEA System Pendingin Subsistem Penukar Kalor.....	38



## Daftar Gambar

Gambar 1. Sistem pendinginan air tawar ( <i>fresh water cooling system</i> ).....	8
Gambar 2. <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	12
Gambar 3. Tabel matrix resiko.....	19
Gambar 4. Sistem beserta fungsinya.....	31
Gambar 5. Skema Program Pelaksanaan Perawatan.....	33





## Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH STW yang telah memberikan rahmat dan bimbingan-Nya sehingga TUGAS AKHIR DAPAT DISELESAIKAN dengan Judul “**ANALISA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE RISK BASED INSPECTION**”.

Penulis menyadari bahwa ,tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Surya Hariyanto ST.,MT** selaku pembimbing I dan **Rusydi Alwi ST.,MT** selaku pembimbing II yang dengan tulus telah membimbing, memberikan motivasi, saran dan petunjuk mulai dari persiapan, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi.
2. Orang tua penulis **Muhammad Ramli S.Pd.I** dan **Hj Wahyuni Mondeng** atas segala bentuk pengorbanan, kesabaran serta doa dan dukungannya selama ini untuk mengantar penulis sampai ke titik ini.
3. **Andi Haris Muhammad ST.,MT.,Ph.D** selaku kepala departemen teknik sistem perkapalan memberikan nasehat dan arahan kepada penulis
4. **Andi husni sitepu ST.,MT** selaku penasehat akademik atas arahan dan bimbingannya kepada penulis



5. Seluruh dosen di program studi teknik perkapalan memberikan banyak ilmu selama penulis berkuliah, dan seluruh staf yang telah banyak membantu penulis,
6. Kakek dan nenek penulis H Mondeng dan Hj Yambeng atas doa dan harapan yang diberikan kepada penulis untuk mengantarkan penulis pada titik ini
7. Tante dan adik saya Wahida Mondeng S.Pd dan Nur Amalia yang selalu mendukung dan mendoakan penulis
8. Nurasia azis Amd.kep selaku pacar saya yang selalu sabar selama ini, menemani dan membantu penulisan skripsi ,menasehati dan memberi semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini
9. Kak Anto, Kak Rahma, Asbar terimakasih sudah membimbing penulis dari awal maba sampai sekarang
10. Crew dan ABK TUGBOAT AMPENAN 1 terkhusus untuk Om Guna selaku KKM yang telah membantu dan memberikan data pada penulis
11. Kak Ondding selaku pihak dari *class* (BKI) yang merikan data dan informasi terkait penelitian saya
12. saudara Prototype 2013 dan semua Antek 09 angkatan 2013
13. kanda kanda senior 2011 yang telah membantu penulis selama kuliah
14. seluruh angkatan 2006, 2007, 2008, 2009 dan 2010 yang telah mengawasi dan mendidik penulis selama kulia



15. Saudaraku sistem perkapalan 2013 Aco, Ngadi, Qayyim, Nita, Markit, Fadil, Ardi, Owen, Ansar, Agung, Teja, Gerger, Mile, Anwar, Mus, Reza, Sayyid, Moses, Zul, Yuli, Jeyn, Meti, Farid, Rijal, Accank, Sukur Isman, Astam tanpa terkecuali yang berjaung bersama
16. KMP UNHAS 2013 Dayu, Mucle, Butet, Yaya, Sandra, Warda, Zul, Andi, Akbar, Jemma, Maslan, Malik, Fajar teman teman seperjuangan selama kepengurusan
17. Kanda kanda senior kmp unhas Kanda Imran Selle, Kak Ciwang, Kak Cenne, Kak Dika, Kak Takdir, Kak Jasmin, Kak Ari, Kak Arga, Kak Azwar Amran, Kak Aswar Ahmad, Kak Linda, Kak Eka, Kak Muti, Kak Fitri, Kak Idul, Kak Hendra, Kak Akbar, Kak Orix dan kanda kanda senior yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu tanpa terkecuali
18. Soledad Crew Cimma, Indah, Eca, Ana, Niar
19. KMP UNHAS 2015 Masdar, Eni, Rafly, Andri, Lisa, Oddang, Ummi dll tanpa terkecuali yang tidak sempat saya sebutkan satu persatu
20. KMP UNHAS 2016 Boy, Rahman, Ilham, Ana, Firda, Wira, Fitri, Musda, Dandi Jumadi, Nunu, Mute, Wawan, Rasti, riani dan lainnya
21. KMP UNHAS 2017 Busran, Acci, Krisda, Hasrah, Nugl, Alyafid, Lisa, Oci, Arman, Hamdia, Zul, dan teman teman lainnya yang tidak saya sempat sebutkan namanya satu persatu
22. KMP UNHAS 2018 Akram, Keni, Zonggo, Izza, Heri dan lain lain



23. Tim hore penyusun skripsi Issang, Ciwang dan Nurwana Hasan terima kasih telah meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam merampungkan skripsi ini.
24. Teman teman SMA NEGERI 4 PAREPARE alumni 2013 tanpa terkecuali.

Gowa, Agustus 2020

Penyusun



## ABSTRAK

Meningkatnya pengoprasian kapal akan menurunkan *availability* kapal. Salah satu cara untuk meningkatkan *availability* kapal adalah dengan meningkatkan keandalannya melalui usaha perawatan. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah kegagalan komponen komponen di dalam sistem yang dapat menimbulkan kegagalan yang sifatnya merusak keseluruhan fungsi kapal yang pada akhirnya akan menyebabkan tingkat keselamatan menurun dan dapat membahayakan penumpang serta muatan yang diangkut. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu untuk menganalisa mode kegagalan dan efek terhadap sistem pendingin dan untuk mengetahui cara efektif untuk perawatan sistem pendingin. Dari hasil penentuan distribusi kegagalan melalui software isograph *availability workbench 2.1* dan hitungan nilai mean time to failure tiap komponen sistem pendingin adalah sebagai berikut pompa 1384 jam ,valve 1292 jam, 1220 cooler 640 jam operasi dan memiliki tingkat paling tinggi pompa, komponen yang memiliki tingkat resiko *valve*, dan *cooler*.

**Kata kunci:** *tb ampenan 1,system pendingin,risk based inspection and maaintenance,FTA, isograph reliability workbench 2.1*



## ABSTRACT

Increased ship operation will reduce the availability of ships. One way to increase the availability of ships is to increase the increase through maintenance efforts. This is done to prevent damage to components in the system that can cause damage caused by damage to the ship which will ultimately cause the level of safety to decrease and can save passengers and load being transported. The aim of this research is to analyze the recovery mode and the effect on the cooling system and to find effective ways to maintain the cooling system. From the results of the failure distribution decision through the availability software islam worckbench 2.1 and the calculation of the mean value for the failure of each component of the cooling system is as follows pump 1384 hours, valve 1292 hours, 1220 cooling 640 hours of operation and has the highest level of pump, components that increase the level of expenditure valves and coolers

**Key words:** tb ampuran 1, cooling system, risk based inspection and maintenance, FTA, isograph reliability workbench 2.





Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Semakin banyaknya kapal yang beroperasi pada saat ini menurut pihak pemilik untuk meningkatkan *availability* kapalnya. Salah satu cara untuk meningkatkan *availability* kapal adalah dengan meningkatkan keandalannya melalui usaha perawatan. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah kegagalan komponen-komponen di dalam sistem yang dapat menimbulkan kegagalan yang sifatnya merusak keseluruhan fungsi kapal yang pada akhirnya akan menyebabkan tingkat keselamatan menurun dan dapat membahayakan penumpang serta muatan yang diangkut. Penelitian ini merupakan studi terhadap aplikasi teori keandalan sebagai alat untuk mengevaluasi perawatan sistem pendingin.

Mengingat sebagian besar sistem yang ada di atas kapal bekerja secara terus menerus sepanjang daerah operasinya maka tak terhindar dari kejadian keausan-keausan pada komponen-komponen dari sistem tersebut yang akan menurunkan performa atau kinerja sistem bahkan terjadi suatu kegagalan. Sehingga perlu adanya penelusuran pengaruh-pengaruh dari kegagalan komponen atau item-item individu sesuai dengan level sistem.

Kegagalan dan perbaikan merupakan hal yang penting dalam memprediksi lair suatu sistem pada masa yang akan datang. Dengan melakukan evaluasi kegagalan dan keberhasilan suatu sistem, maka kita dapat memprediksi kegagalan atau keberhasilan pada perawatan agar sistem dapat berfungsi





sebagaimana mestinya, salah satu sistem layanan permesinan yang dipandang perlu dilakukan analisa yang mendalam terhadap keandalannya adalah sitem layanan pendingin mesin utama dima pada system pendingin tb ampenan 1 sering terjadi kerusakan yang berdampak pada mesin utama yang menyebabkan naiknya tekanan temperature panas berleibh sehingga menarik untuk dikaji keandalannya . Tujuan sistem pendingin adalah untuk mempertahankan temperatur operasi mesin yang paling efisien pada setiap kecepatan dalam segala kondisi. Untuk meminimalkan bahaya tersebut diperlukan suatu langkah pencegahan agar alat tersebut dapat selalu beroperasi dengan aman. Pada kapal yang beroperasi yang cukup lama perlu dilakukan ulang evaluasi keandalan untuk mengetahui keandalan system penyebab kegagalan /kerusakan (FMEA) pada masing masing komponen system karena kerusakan pada salah satu komponen akan menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada seluruh fungsi kapal ,akibatnya dapat menimbulkan kerusakan pada kapal dan menyebabkan membayakan kehidupan manusia serta muatan yang diangkut (Eko sasmito H,2008) .

Salah satu caranya adalah dengan menerapkan *Risk Based Inspection* (RBI) pada alat tersebut. *Risk Based Inspection* (RBI) adalah metode yang menjadikan resiko sebagai dasaran dalam menentukan rencana atau program inspeksinya. Dengan menggunakan metode RBI akan didapat prediksi kegagalan yang dapat terjadi dan metode mitigasi apa yang sesuai untuk menanggulangnya. Untuk mendapatkan nilai resiko tersebut diperlukan beberapa data dan perhitungan yang



akan menunjukkan konsekuensi kegagalan serta probabilitas  
nya.

Dalam penelitian kali ini penulis melakukan penelitian dengan pendekatan Bagaimana menghitung nilai Mean time to failure (MTTF) pada setiap komponen system pendingin dan menentukan resiko kegagalan dengan metode RBIM yang akan diaplikasikan pada sistem pendingin Atas dasar pertimbangan di atas, maka penulis memilih judul **“ANALISA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE RISK BASED INSPECTION ”**

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka masalah yang dapat dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung nilai Mean time to failure (MTTF) setelah ditentukan distribusi kegagalan pada komponen komponen system pendingin tb.ampanan 1 dengan menggunakan metode risk based inspection and maintenance (RBI)
2. Bagaimana resiko yang dihasilkan pada komponen komponen system pendingin tb.ampanan dengan menggunakan metode risk based inspection and maintenance (RBI)

### **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah yang dihadapi, maka diperlukan suatu ruang lingkup permasalahan terhadap sistem yang akan dibangun. Hal ini bertujuan agar pembahasan masalah tidak terlalu meluas. Maka ruang lingkup yang akan dibahas

bagai berikut:



- a) Objek penelitian ini hanya dibatasi pada komponen system pendingin tb.ampenan 1 yang memiliki data perawatan / log book
- b) Penelitian tidak membahas tentang perawatan komponen elektrikal .
- c) Kegagalan peralatan diasumsikan karena operasinya bukan karena kesalahan manusia (human error) pada pengaruh alat yang tidak diinginkan
- d) Penyelesaian masalah hanya dibatasi sampai pada penentuan perencanaan kegiatan perawatan ,dan penyebab kegagalan
- e) Kegagalan peralatan di jadwalkan sesuai perencanaan inspeksi perawatan

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

- a. Menghitung nilai mean time to failure (MTTF) setelah ditentukan distribusi kegagalan pada komponen – komponen system pendingin tb.ampenan 1
- b. Mengetahui resiko yang terjadi pada komponen – komponen system pendingin tb.ampenan 1 dengan menggunakan metode risk based inspection and maintenance (RBIM)

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu :

- 1. Dengan penelitian ini dapat dijadikan acuan dan perbandingan untuk abk kapal dalam melakukan proses perawatan yang berskala lanjutan
- 2. Memberikan informasi tingkat keandalan dan perawatan system pendingin

la tb ampenan 1 bagi pihak pemilik kapal sehingga dapat mengefisienkan ya maintencenya



3. Dan bagi peneliti selanjutnya hasil dijadikan acuan sehingga menjadikan penelitian ini sebagai perbandingan untuk peneliti selanjutnya

Untuk mempermudah dalam memahami penulisan skripsi ini, disusun secara singkat sistematika penyusunan laporan sebagai berikut:

## **BAB I**

Pendahuluan Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, serta sistematika penulisan.

## **BAB II**

Landasan Teori Bab ini menjelaskan teori-teori yang mendukung dalam proses analisa dan penyelesaian masalah pada penelitian.

## **BAB III**

Data dan Metode Penelitian Bab ini menjelaskan jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, perolehan data, penyajian data dan tahapan-tahapan penelitian.

## **BAB IV**

Pembahasan Bab ini menjelaskan hasil yang diperoleh dari pengolahan data dan Analisa.

## **BAB V**

Penutup Bab ini berisi kesimpulan dan saran. Daftar Pustaka Lampiran



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Keandalan

Keandalan diartikan 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 yng dipakai didalam definisi keandalan diatas dapat diwakili sembarang komponen, subsistem, atau system yang dianggap sebagai kesatuan. Defenisi diatas dapat didasarkan menjadi 3 komponen pokok yaitu : (Dwy Priyanti,2000)

- Probabilitas
- Kinerja (*performance*) yang memadai
- Waktu

#### 2.2 Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya overheating pada mesin agar mesin bisa bekerja secara stabil. Pada mesin, energi yang terkandung dalam bahan bakar diubah menjadi energi efektif melalui proses pembakaran. Proses pembakaran akan menghasilkan panas yang kemudian diubah menjadi tenaga mekanis.



### 2.2.1 Fungsi Sistem Pendingin

Secara garis besar fungsi sistem pendingin suatu mesin dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

- 1) Untuk mengurangi panas yang berlebihan pada mesin (overheating).
- 2) Untuk mempercepat pengapian temperatur kerja, serta mempertahankan temperatur mesin agar selalu pada temperatur kerja yang efisien (80°-90°C)
- 3) Untuk mencegah terjadinya keausan mesin

Sistem pendingin dibedakan menjadi 2 yaitu system pendingin terbuka dan tertutup

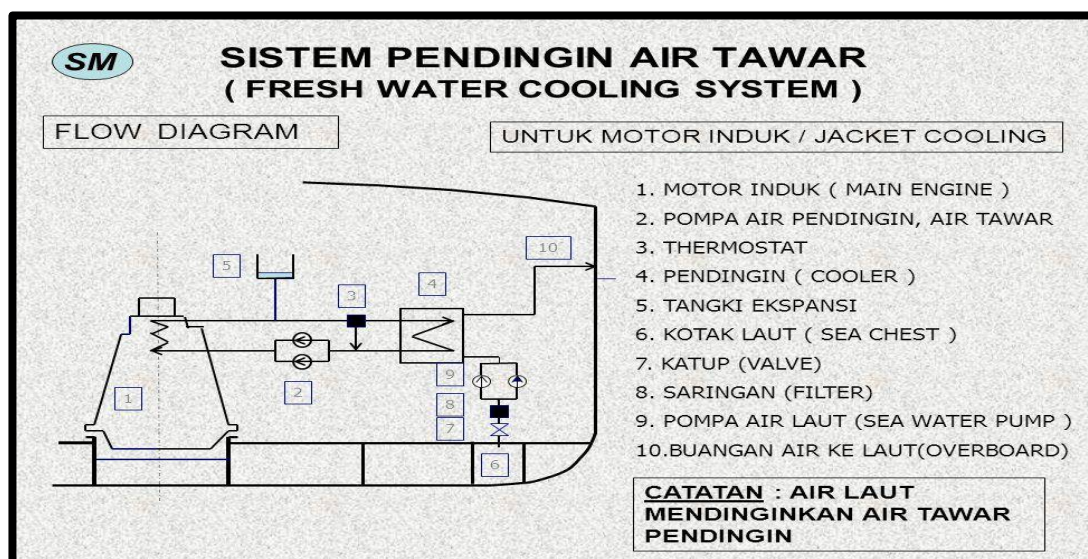
1. Sistem pendingin terbuka. Sistem Pendingin terbuka, Merupakan sistem pendingin yang langsung berhubungan dengan air laut. Sistem ini menggunakan air laut yang langsung masuk untuk mendinginkan komponen yang perlu untuk didinginkan.
2. Sistem Pendinginan Tertutup, Sistem pendingin yang menggunakan air tawar yang disirkulasikan dalam suatu sirkuit tertutup untuk mendinginkan komponen yang perlu didinginkan. Kemudian air tawar tersebut didinginkan oleh air laut, kemudian air tawar

sebut disirkulasikan kembali untuk mendinginkan komponen. Sistem ini lagi menjadi dua yaitu:



- Sistem independent yaitu, dimana air tawar yang digunakan untuk mendinginkan tiap-tiap komponen didinginkan secara terpisah, tidak bersama dalam sebuah penukar panas.
- Sistem terpusat yaitu, dimana air tawar yang digunakan untuk mendinginkan komponen, dikumpulkan untuk didinginkan secara bersama, dalam sebuah heat exchanger.

Sistem pendingin ini didesain dengan hanya mempunyai satu heat exchanger yang didinginkan dengan air laut, sedangkan untuk cooler yang lain termasuk jacket water, minyak pelumas, udara bilas, didinginkan dengan air tawar yang bertemperatur rendah. Sistem pendingin jenis ini sangat kecil peralatan yang berhubungan langsung dengan air laut sehingga masalah korosi dapat dikurangi



Gambar 1. Sistem pendinginan air tawar (*fresh water cooling system*)

Source: <https://slideplayer.info/slide/3157311/> pengantar teknologi kelautan its)



### 2.3 Teknik Analisa

Dalam penelitian menggunakan 2 analisa, yaitu analisa kualitatif dan analisa kuantitatif. Analisa kualitatif merupakan penekanan pada makna, penalaran, definisi suatu situasi tertentu (dalam konteks tertentu) yang merupakan suatu proses. Sedangkan analisa kuantitatif mementingkan adanya variable-variable sebagai obyek penelitian dan harus didefinisikan dalam bentuk operasionalisasi variable tersebut sehingga realibilitas dan validitas yang menjadi syarat mutlak yang harus dipenuhi sehingga dapat menentukan hasil kesimpulan dari analisa yang dilakukan. dengan menggunakan software isograph availability workbench dapat menentukan nilai kegagalan serta distribusi keagalannya

### 2.4 *Isograph Availability Workbench*

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* merupakan banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu

engan total waktu operasi komponen atau system.





## 2.5 Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

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  $\lambda(t)$  adalah fungsi penambahan, penurunan atau konstan.

### 2.5.1 Distribusi Kegagalan

#### a. Distribusi weibull

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

- Parameter bentuk ( $\beta$ )
- Parameter skala ( $\eta$ )
- Parameter lokasi ( $\gamma$ )

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

(sumber: <https://www.neliti.com/id/publications/107764/analisa-berbasis-resiko-pada-sistem-pelumas-km-lambelu>)



$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \quad (2.1)$$

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

Persamaan nilai keandalan  $R(t)$  :

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

Persamaan laju kegagalan (failure rate) :

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

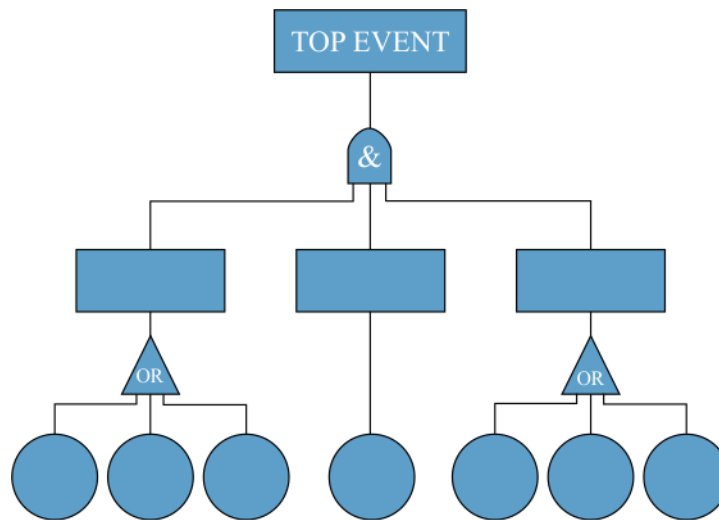
Persamaan waktu rata-rata mencapai kegagalan (MTTF) :

$$t = m = MTTF = \eta + \gamma \quad (2.4)$$

## 2.6 Fault Tree Analysis (FTA)

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





**Gambar 2. contoh *Fault Tree Analysis***  
 (Sumber : keandalan dan perawatan ,DwiPriyanta,2000)

### 2.7 *Failure Modes and 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 kesistem yang merupakan tingkat yang lebih tinggi. (Dwi Priyanta, 2000)

FMEA sering menjadi langkah awal dalam mempelajari keandalan system. Kegiatan FMEA melibatkan banyak hal – seperti me-*review* berbagai komponen, dan subsistem – untuk mengidentifikasi mode – mode kegagalannya, dan kegagalannya, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan. Untuk masing-



masing komponen, berbagai mode kegagalan berikut dampaknya pada system 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 (IEEE Std. 352) 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 system telah dipertimbangkan.
3. Membuat list kegagalan potensial, serta mengidentifikasi seberapa besar dampak yang ditimbulkannya.
4. Men-*develop* kriteria awal untuk rencana dan desain pengujian serta untuk membuat daftar pemeriksaan system.
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 system. Tujuannya adalah

untuk mengidentifikasi desain di area mana yang masih memerlukan perbaikan agar persyaratan keandalan dapat dipenuhi.



**Table 1. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)**

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANKING	RISK REDUCING MEASURES
NO	COMPONENT		FAILURE MODE	FAILURE MECHANISM	DETECTION OF FAILURE	LOCAL	SYSTEM			



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 system dan beberapa *counstrain* dimana system itu harus dapat beroperasi. Berikut ini beberapa pertanyaan dasar yang harus dijawab oleh seorang analis dalam melakukan analisa FMEA (IEEE Std. No. 352).

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.

### **2.7 Risk Based Inspection (RBI)**

*Risk Based Inspection* (RBI) adalah proses manajemen dan penilaian resiko yang berfokus kepada jenis kegagalan yang disebabkan oleh menurunnya mutu material, proses RBI dilakukan dengan melakukan inspeksi pada peralatan yang berkaitan.

Tujuan dari RBI adalah untuk mengidentifikasi kerusakan/cacat yang bias menyebabkan kecelakaan berskala besar, juga untuk menentukan insiden apa yang



jadi (konsekuensi) pada saat terjadinya kerusakan pada sebuah peralatan, apa sering (*probability*) insiden tersebut bisa terjadi.

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

Metodologi RBI menyediakan system yang logis, terdokumentasi dan dapat berulang untuk membuat penentuan Frekuensi Inspeksi, batasan inspeksi dan tipe dari Uji Tidak Merusak/*Non Destructive Test* (NDT). (Maulana Hendra Wahyudi, 2010)

Inspeksi Berbasis Resiko (RBI) adalah pengambilan keputusan teknik untuk perencanaan pemeriksaan berdasarkan resiko yang terdiri dari konsekuensi dari kegagalan (CoF) dan peluang dari kegagalan (PoF). Ini adalah pendekatan formal yang dirancang untuk membantu pengembangan pemeriksaan dioptimalkan, dan rekomendasi untuk memantau dan menguji rencana untuk *system* produksi. Probabilitas kegagalan (PoF) adalah probabilitas suatu peristiwa yang gterjadi per satuan waktu (misalnya probabilitas tahunan). Diperkirakan atas dasar degradasi komponen. PoF terkait dengan sejauh mana, dan ketidakpastian dalam degradasi terkait dengan ketahanan komponen untuk beroperasi. Konsekuensi dari kegagalan dievaluasi sebagai hasil dari kegagalan mengingat bahwa kegagalan tersebut akan terjadi. Hal ini didefinisikan untuk tiga jenis konsekuensi : keamanan, Lingkungan dan Ekonomi:



konsekuensi keselamatan harus dinyatakan dalam potensi kerugian hidup & personel



- Konsekuensi ekonomi harus dinyatakan dalam istilah keuangan menggunakan unit mata uang yang sesuai
- Konsekuensi lingkungan dapat dinyatakan dalam hal massa atau volume dari polutan dilepaskan ke lingkungan, atau dalam istilah keuangan karena biaya membersihkan tumpahan, termasuk pertimbangan denda dan kompensasi lainnya.

### 2.7.1 Matriks Resiko

Resiko dituliskan dengan menjelaskan hubungan antara *Like lihood/probability of failure* dan *consequence of failure* dalam menentukan tingkat resiko. (DNV RP-G101)

Tingkat resiko dibuat penandaan dalam warna sebagai berikut:

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

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

- Untuk tingkat deskripsi *Probability of Failure (PoF)*:
  - Pertama : Kegagalan bisa saja terjadi tetapi tidak berdampak besar terhadap kegagalan system.
  - Kedua : Kegagalan bisa terjadi tetapi berdampak kecil terhadap komponen.



- Ketiga : Kegagalan bias terjadi selama komponen beroperasi dan menghasilkan dampak tingkat sedang terhadap komponen.
- Keempat: Dalam populasi besar,kegagalan bias terjadi sekali atau lebih yang menyebabkan dampak kegagalan setiap tahunnya.
- Untuk tingkat deskripsi *Consequence of Failure (CoF)* dengan 2 tipe yaitu Safety dan Environment:

**Tabel 2. Consequence Rank**

Tingkat	Safety	Environment
A	Tidak mengalami cedera	Tidak berpolusi
B	Cedera ringan	Efek ringan (dapat dibersihkan)
C	Cedera berat	Efek tinggi
D	Kegagalan tunggal	Polusi berefek besar dalam pencemaran lingkungan
E	Kegagalan sistem	Polusi dihasilkan dapat mematikan ekosistem



PoF Ranking	PoF Description	A	B	C	D	E
5	(1) In a small population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in the location.	YELLOW	RED	RED	RED	RED
4	(1) In a large population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company.	YELLOW	YELLOW	RED	RED	RED
3	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in the operating company.	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED	RED
2	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED
1	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW
CoF Types	<b>Safety</b>	No Injury	Minor Injury Absence < 2 days	Major Injury Absence > 2 days	Single Fatality	Multiple Fatalities
	<b>Environment</b>	No pollution	Minor local effect. Can be cleaned up easily.	Significant local effect. Will take more than 1 man week to remove.	Pollution has significant effect upon the surrounding ecosystem (e.g. population of birds or fish).	Pollution that can cause massive and irreparable damage to ecosystem.
	<b>Business</b>	No downtime or asset damage	< € 10.000 damage or downtime < one shift	< € 100.000 damage or downtime < 4 shifts	< € 1.000.000 damage or downtime < one month	< € 10.000.000 damage or downtime one year
<b>CoF Ranking</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

**Gambar 3. Tabel matrix resiko**  
(Sumber: DNV RP -G101)

### 2.7.2 Keuntungan RBI

RBI dapat meningkatkan keefektifan dan peningkatan efisiensi dari inspeksi dengan:

1. Memperbaiki manajemen keselamatan dan kesehatan kerja serta operasional.
2. Menghapus kegiatan-kegiatan inspeksi yang tidak perlu – interval inspeksi asarkan resiko dari peralatan.



3. Sumber daya inspeksi akan focus pada peralatan yang berada pada area resiko tinggi.

Penghematan biaya, peralatan yang tidak memiliki masalah selama instalasi mulai beroperasi dan problem antisipasi akan di inspeksi dalam jangka waktu yang lebih lama.

4. 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.
5. Program RBI adalah program yang dinamis; resiko selalu diperbarui setelah inspeksi atau bila peralatannya sama, perubahan kondisi proses atau kejadian jika informasi baru merupakan informasi yang layak untuk dipertimbangkan.
6. Beberapa hal tersebut akan mengakibatkan perubahan frekuensi dan ruang lingkup inspeksi
7. Metode yang digunakan untuk menentukan jangka waktu dan ruang lingkup didokumentasikan dan dapat digunakan lagi
8. RBI merupakan metode reabilitas dapat diaplikasikan dengan kode / standar yang berlaku
9. Meningkatkan kemampuan dan memperpanjang umur komponen
10. Optimalisasi jadwal perbaikan dan pergantian peralatan

### 2.7.3 batasan RBI

Perlu diketahui bahwa RBI tidak akan memnghilangkan resiko,probabilitas sikuensi resiko dari peralatan akan selalu ada. RBI berguna untuk u mengatur dan mengontrol resiko kepada tingkat yang masih bisa



diterima dengan memprioritaskan sumber daya kepada peralatan yang diketahui memiliki resiko tinggi.

