

**ANALISA KUALITATIF FAKTOR DOMINAN TERJADINYA
KERUSAKAN PADA SISTEM PENDINGIN AIR LAUT MESIN
UTAMA KAPAL DENGAN METODE FTA DAN USG**

SKRIPSI

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



MUH. IDAM SATYAGUNA B.

D091171502

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

“ANALISA KUALITATIF FAKTOR DOMINAN TERJADINYA
KERUSAKAN PADA SISTEM PENDINGIN AIR LAUT MESIN UTAMA
KAPAL DENGAN METODE FTA DAN USG”

Disusun dan diajukan oleh

MUH. IDAM SATYAGUNA B.
D091171502

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

Pada tanggal 18 Oktober 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Baharuddin, ST., MT
NIP. 19720202 199802 1 001

Pembimbing Pendamping

Ir. Sherly Klara, MT.
NIP. 19640502 199002 2 001

Ketua Departemen



Dr. Eng. Haisa Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP. 19810211 200501 1 003

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisa Kualitatif Faktor Dominan Terjadinya Kerusakan Pada Sistem Pendingin Air Laut Mesin Utama Kapal Dengan Metode FTA Dan USG

Nama Mahasiswa : Muh. Idam Satyaguna B.

Stambuk : D091171502

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Oktober 2022.

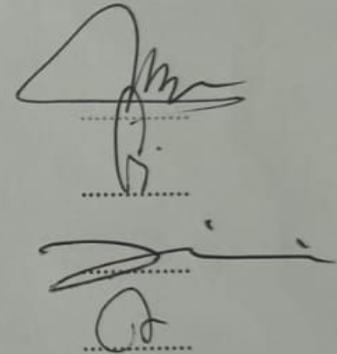
Panitia Ujian Sarjana

Ketua : Baharuddin , ST., MT

Sekretaris : Ir. Sherly Kiara, MT.

Anggota : Andi Husni Sitepu, ST., MT.

Anggota : Muhammad Iqbal Nikmatullah, ST., MT.



Ketua Departemen,



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP.19810211 200501 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muh. Idam Satyaguna B.
NIM : D091171502
Departement : Teknik Sistem Perkapalan
Jenjang : S1

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

ANALISA KUALITATIF FAKTOR DOMINAN TERJADINYA KERUSAKAN PADA SISTEM PENDINGIN AIR LAUT MESIN UTAMA KAPAL DENGAN METODE FTA DAN USG

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).

Makassar, 20 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



Muh. Idam Satyaguna B.

ABSTRAK

Kapal TB. Semar Dua Puluh Enam adalah kapal tug boat yang digunakan untuk mendorong atau menarik kapal-kapal yang beroperasi di pelabuhan Soekarno Hatta Makassar yang digunakan jasanya oleh Pelindo dari PT. Humpus Transportasi Curah. Dimana pada saat beroperasi terjadi beberapa permasalahan pada sistem pendinginnya yang di mana menyebabkan kinerja mesin utama menurun sehingga tidak bisa bekerja secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab, dampak, serta upaya yang dilakukan dalam terjadinya permasalahan sistem pendingin air laut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah FTA (*Fault Tree Analysis*) dan USG (*Urgency, Seriousness, Growth*). Objek penelitian ini dilakukan pada kapal TB. Semar Duapuluh Enam terutamanya pada komponen sistem pendingin air laut. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa kerusakan pada sistem pendingin mesin induk kapal di TB. Semar Duapuluh Enam disebabkan oleh beberapa faktor yang saling berhubungan antara satu dengan yang lain. Dengan 4 faktor utama yang menjadi penyebab utama dengan menggunakan metode FTA, kemudian dengan menggunakan metode USG yang menjadikan faktor utama dari menurunnya kinerja sistem pendingin adalah pipa yang kotor.

Kata kunci: Kapal TB. Semar Dua Puluh Enam , Sistem Pendingin Air Laut, FTA, USG

ABSTRACT

TB. Semar Duapuluh Enam Ship is a tug boat used to push or pull ships operating in the soekarno hatta port of Makassar which is used by Pelindo from PT. Humpus Bulk Transport. When operating there were several problems with the cooling system which caused the pump performance to decrease so that it could not work optimally. This study aims to determine the causes, impacts, and efforts made in the occurrence of seawater cooling system problems. The methods used in this study are FTA (Fault Tree Analysis) and USG (Urgency, Seriousness, Growth). The object of the study was carried out on tb vessels. Semar Duapuluh Enam is mainly on the components of the seawater cooling system. The results of this study proved that a malfunction in the cooling system of the ship's mother engine in TB. Semar Duapuluh Enam is caused by several factors that do not have to be interconnected with each other. With 4 main factors that are the main cause by using the FTA method, then using the USG method which makes the main factor of the declining performance of the cooling system is dirty pipes.

Keyword: *TB. Semar Duapuluh Enam Ship, Seawater cooling system, FTA, USG*

KATA PENGANTAR

Sebagai pribadi manusia yang jauh dari kesempurnaan puji tanpa puja syukur selalu penulis lafazkan atas segala campur tangan tuhan semesta alam Allah SWT dalam segala rezeki kehidupan, kesehatan rohani dan jasmani serta rahmat yang tak terkira, karenanya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tak lupa pula shalawat serta taslim terus penulis haturkan kepada sang pemikir revolusioner nabi Muhammad SAW atas kepeduliannya beliau mampu menerangkan zaman kita dari gelapnya zaman jahiliah.

Tugas Akhir ini berjudul “ Analisa Kualitatif Faktor Dominan Terjadinya Kerusakan Pada Sistem Pendingin Mesin Induk (Studi Kasus TB. Semar Dua Puluh Enam) ” yang disusun guna untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi S1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Terselesainya Skripsi/Tugas Akhir (TA) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, karena itu, melalui ini penulis memberikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Penulis sendiri karena telah mampu menyelesaikan apa yang telah dipilih, lalu memulai dan menyelesaikannya diwaktu yang tepat.
2. Keluarga penulis : terimakasih kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, motivasi, dan dukungan materi sampai hari ini, serta kepada saudara penulis yang terus memberikan dukungan sehingga perkuliahan dapat terselesaikan.
3. Bapak Baharuddin, S.T. M.T selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan motivasi mulai dari awal penyusunan penelitian hingga terselesainya skripsi ini.
4. Ibu Ir. Sherly Klara, M.T. selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan dan bimbingannya hingga terselesainya skripsi ini.

5. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. Tech, M. Eng. Selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Dosen – dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan.
7. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh kanda – kanda senior yang telah memberikan penulis pembelajaran selama perkuliahan, dan terkhusus Senior spesial penulis yang telah menemani, menyemangati dan sabar mendengarkan keluh kesah penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelsaian skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat 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, 19 Oktober 2022

Muh. Idam Satyaguna B.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teori Sistem Pendingin	5
2.2 Komponen Pada Sistem Pendingin	6
2.3 Aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Mengenai <i>Sea Water Cooling</i>	10
2.4 Teori <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	12
2.5. Metode <i>Urgency, Serousness, Growth</i> (USG)	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Prosedur Penelitian	20
3.2.1 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	20
3.2.2 <i>Urgency, Seriousness, Growth</i> (USG)	22
3.3 Pembuatan dan Penyebaran Kuesioner	23

3.4 Alur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Analisis Data	25
4.2 Analisa Fault Tree Analysis (FTA) pada Sistem Pendingin Air Laut.....	25
4.3 Ugency, Seriousness, Growth (USG).....	26
4.4 Faktor Penyebab Kerusakan Pada Sistem Pendingin Air Laut	39
4.5 Dampak Yang Ditimbulkan Kerusakan Pada Sistem Pendingin Air Laut...42	
4.6 Upaya Menangani Kerusakan Pada Sistem Pendingin Air Laut.....	46
4.7 Pembahasan	46
BAB IV PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Sea Chest</i>	6
Gambar 2.2 <i>Sea Grating</i>	7
Gambar 2.3 Katup (<i>Valve</i>)	7
Gambar 2.4 Saringan (<i>Strainer</i>).....	8
Gambar 2.5 <i>Sea Water Pump</i>	8
Gambar 2.6 <i>Cooler</i>	9
Gambar 2.7 <i>Thermometer</i>	9
Gambar 3.1 TB. Semar Dua Puluh Enam	19
Gambar 3.2 Instalasi Sistem Pendingin <i>Sea Water</i> TB. Semar Dua Puluh Enam .	18
Gambar 3.3 Pengambilan Data Oleh Responden.....	23
Gambar 4.1 Diagram <i>Fault Tree Analysis</i>	26
Gambar 4.2 Rata- Rata Penilaian Prioritas Masalah.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol-simbol <i>Fault tree analysis</i>	18
Tabel 2.2 Contoh Tabel Penentuan Prioritas Masalah metode USG.....	18
Tabel 3.1 Data Kapal	19
Tabel 4.1 <i>Cut set</i> dari <i>Fault Tree</i> Sistem Pendingin Air Laut	25
Tabel 4.2 Rubrik Penentuan Nilai Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG ..	27
Tabel 4.3 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh Nahkoda	31
Tabel 4.4 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh KKM	32
Tabel 4.5 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh Mas. I ...	33
Tabel 4.6 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh Mas. III.	34
Tabel 4.7 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh Chief Of.	35
Tabel 4.8 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh JM	36
Tabel 4.9 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh A/B.....	37
Tabel 4.10 Penentuan Prioritas Masalah Berdasarkan Metode USG oleh Mas.II.	38
Tabel 4.11 Jumlah Total Nilai dari Setiap Masalah.....	39
Tabel 4.12 Range Skor Pada Setiap Tingkat Masalah.....	38

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin Induk sebagai tenaga penggerak utama di kapal berfungsi menyiapkan tenaga mekanik untuk diubah oleh propeller untuk menjadi daya dorong propeller agar kapal dapat bergerak maju. Dalam pengoperasionalnya mesin induk membutuhkan sistem pendingin air laut yang dapat menjamin agar kinerja mesin induk selalu dalam keadaan optimal, beroperasi dengan aman dan dalam kondisi normal (Nahlah M. Darma, 2010).

Untuk menjamin agar fungsi mesin induk dapat berlangsung dengan baik, maka sistem pendingin air laut juga harus dipastikan selalu dalam keadaan fit, dengan demikian maka dibutuhkan upaya perawatan dan pemeliharaan sistem pendingin air laut dari tenaga-tenaga terampil yang dapat mengoperasikan, merawat serta menjaga agar sistem pendingin air laut tersebut dapat beroperasi dengan baik dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.

Sistem pendingin air laut merupakan sistem yang terdiri dari beragam komponen untuk melakukan fungsi sebagai pendingin dari mesin, baik mesin induk maupun mesin bantu sehingga sistem tersebut sukses berjalan kontinu sesuai desain yang diinginkan. Selain sebagai pendingin mesin, *cooling system* ini juga untuk mendinginkan bagian-bagian ruang bakar, *lubricating oil*, *scavage air*, dan *jacket water* (Julianto, 2016). Setelah proses pendinginan selesai, air laut tersebut kemudian dibuang kembali ke laut. Hal ini cocok untuk motor-motor kapal kecil, dimana pompa pendingin mengisap air laut tersebut dari luar kapal dan memompakan air laut tersebut keluar kapal setelah mendinginkan mesin. Sedangkan sistem pendingin tertutup merupakan sistem pendingin motor di kapal dimana silinder motor bakar dan komponen lainnya didinginkan dengan air tawar dan kemudian air tawar tersebut didinginkan oleh air laut dan selanjutnya air tawar tersebut dipakai kembali untuk mendinginkan motor, jadi yang selalu bergantian adalah air laut, sedangkan air tawar selalu

beredar tetap.

Kapal TB. Semar Dua Puluh Enam adalah kapal tug boat yang digunakan untuk mendorong atau menarik kapal-kapal yang beroperasi di pelabuhan Soekarno Hatta Makassar yang digunakan jasanya oleh Pelindo dari PT. Humpus Transportasi Curah. Dimana pada saat beroperasi terjadi beberapa permasalahan pada sistem pendinginnya yang di mana menyebabkan kinerja pompanya menurun sehingga tidak bisa bekerja secara maksimal, hal ini tentunya sangat berbahaya jika dibiarkan bisa saja menyebabkan mesin mati secara tiba-tiba bahkan bisa menyebabkan mesin rusak karna sirkulasi air yang masuk ke mesin tidak maksimal bisa menyebabkan suhu mesin menjadi nak, dari berbagai persoalan ini disebabkan dari kurangnya perhatian perawatan dari ABK secara pencatatan berkala dan tentunya ini tidak boleh dibiarkan terus-menerus.

Dilatar belakang oleh permasalahan tersebut seperti yang dijelaskan di atas kemudian mengakibatkan naiknya suhu mesin induk, maka peneliti tertarik melakukan sebuah penelitian dengan judul “Analisa Kualitatif Faktor Dominan Kerusakan Pada Sistem Pendingin Air Laut Mesin Utama Kapal Dengan Metode FTA dan USG”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah ;

1. Apa sumber penyebab menurunnya kinerja sistem pendingin air laut mesin utama menggunakan metode FTA ?
2. Apa prioritas resiko tertinggi yang terjadi menggunakan metode USG?
3. Apa faktor penyebab, dampak serta upaya yang dilakukan dalam terjadinya permasalahan sistem pendingin air laut mesin utama?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan pada kapal TB. Semar Dua Puluh Enam
2. Penelitian ini dibatasi hanya pada komponen – komponen sistem air laut mesin utama TB. Semar Dua Puluh Enam

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui sumber penyebab utama menurunnya kinerja sistem pendingin air laut mesin utama menggunakan metode FTA
2. Untuk mengetahui prioritas utama yang terjadi menggunakan metode USG
3. Untuk mengetahui penyebab dampak serta upaya yang dilakukan dalam terjadinya permasalahan sistem pendingin air laut mesin utama

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan sebagai acuan bagi para masinis mengenai sistem pendingin air laut mesin utama
2. Memberi informasi mengenai prioritas resiko permasalahan-permasalahan yang terjadi pada sistem pendingin air laut mesin utama
3. Dapat dijadikan acuan atau perbandingan untuk penelitian selanjutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan serta untuk memudahkan pemahaman, penelitian ini disusun dengan sistematika terdiri dari 3 (Tiga) bab secara berkesinambungan yang dalam pembahasannya merupakan suatu rangkaian yang tidak terpisahkan. Adapun sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam hal ini dijelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terdiri dari tinjauan pustaka dan kerangka pikir penulis. Tinjauan pustaka berisi teori-teori atau pemikiran-pemikiran serta konsep-konsep tentang penyebab terjadinya korosi pada *plunger barrel* dalam *fuel injection pump diesel generator*. Kerangka pikir penulis merupakan pemaparan penulis kerangka berfikir atau penahapan pemikiran secara kronologis dalam menjawab atau menyelesaikan pokok permasalahan penulisan berdasarkan pemahaman teori dan konsep.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini terdiri dari jenis metode penelitian, waktu dan tempat penelitian, sumber data, metode pengumpulan data dan teknik analisis data. Metode penelitian menjelaskan cara yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang diajukan. Waktu dan tempat penelitian menerangkan lokasi dan waktu dimana dan kapan penelitian

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan analisa kualitatif, pengolahan data untuk menentukan subsistem pendingin air laut dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) dan metode *urgency, seriousness, growth* (USG)

BAB V PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

Berisi referensi-referensi yang digunakan selama penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Sistem Pendingin

Sistem pendingin merupakan sistem yang berfungsi menjaga temperatur mesin pada suhu tertentu sesuai dengan disain yang ditentukan agar mesin diesel dapat beroperasi secara berkelanjutan. Mesin diesel yang beroperasi menghasilkan panas dengan suhu tinggi, sistem pendingin ini terdiri dari beberapa komponen penyusun yang utamanya untuk mendinginkan blok mesin, selain mendinginkan blok mesin sistem pendingin juga mendinginkan pelumas, *scavange air* dan *water jacket* (Julianto, 2016) Untuk pendinginan dari sebuah mesin diesel diperlukan suatu sistem yang terdiri dari pipa, pompa dan pendingin atau *cooler*, yang berfungsi untuk menurunkan suhu suatu cairan atau udara dari suhu tinggi kesuhu yang lebih rendah dengan bantuan bahan pendingin yaitu air atau udara. Panas akibat pembakaran yang berlebihan mengakibatkan komponen mesin mengalami kenaikan temperatur yang berlebihan (*over heating*) komponen-komponen seperti torak dan dinding silinder menjadi macet, dan kepala silinder akan mejadi retak, untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan sistem pendingin (Legiman & Sulaiman, 2014) Fungsi sistem pendingin adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi panas yang dihasilkan oleh pembakaran campuran bahan bakar dengan udara yang dapat mencapai temperatur 2500°C, panas yang cukup tinggi ini dapat melelehkan logam dan komponen lain yang dapat mengganggu kinerja sistem pendingin.
2. Mempertahankan temperatur mesin agar selalu pada temperatur kerja yang optimal.
3. Mempercepat pencapaian temperatur kerjanya mesin, karena untuk mencegah terjadinya keausan dan emisi gas buang yang berlebihan. (Journal, 2021) .

2.2 Komponen Pada Sistem Pendingin

1. *Sea Chest*

Sea chest termasuk komponen pada sistem pendingin mesin induk kapal yang utama. *Sea chest* adalah suatu perangkat yang berhubungan dengan air laut yang menempel pada sisi dalam dari pelat kulit kapal yang berada dibawah permukaan air dipergunakan untuk mengalirkan air laut kedalam kapal sehingga kebutuhan sistem air laut (*Sea Water system*) dapat di penuhi.

Bawah air berdasarkan peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) vol. III dinyatakan bahwa sekurang-kurangnya harus ada 2 *sea chest* karena dari *sea chest* inilah kebutuhan air laut dalam kapal dapat dipenuhi

Jika kapal berlayar di perairan yang dangkal dan kemungkinan terjadinya kotoran, lumpur atau pasir yang teraduk-aduk karena gerakan kapal yang mungkin dapat masuk ke lubang *sea chest* dasar maka *sea chest* samping yang dipakai sedangkan *sea chest* bawah ditutup.



Gambar 2.1 *Sea Chest*

2. *Sea Grating*

Sea grating adalah saringan atau kisi-kisi yang dipasang pada *sea chest* untuk mencegah masuknya benda-benda yang tidak dikehendaki dari laut ke dalam sistem pipa dalam kapal. Jadi fungsi *sea grating* adalah menyaring air laut sebelum masuk kedalam *sea chest*, yang merupakan saringan awal sebelum air laut masuk sistem melewati strainer dan filternya.



Gambar 2.2 *Sea Grating*

3. Katup (*valve*)

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



Gambar 2.3 Katup (*valve*)

4. Saringan (*Strainer*)

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

diendapkan pada *strainer* akan masuk ke dalam sistem air laut dalam kamar mesin dan lain-lain.



Gambar 2.4 Saringan (*Strainer*)

5. Pompa

Pompa air laut berfungsi untuk menghisap, menyalurkan dan menekan air laut ke dalam sistem, selanjutnya disirkulasikan agar dapat melakukan pendinginan kebagian yang didinginkan. Pada umumnya dikapal menggunakan pompa air laut jenis sentrifugal atau vertikal.



Gambar 2.5 *Sea Water Pump*

6. Pipa-pipa *By pass*.

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

7. Cooler

Alat ini berfungsi mendinginkan sebagai media pendingin menyerap panas dari dalam mesin menggunakan air laut untuk mendinginkan media yang akan di dinginkan seperti air tawar dan minyak pelumas yang masuk kedalam pipa-pipa kecil untuk diserap panasnya.



Gambar 2.6 Cooler

8. Pengukur Suhu (*Thermometer*)

Alat ini berfungsi untuk mengukur suhu air pendingin yang masuk dan keluar dari motor induk. Umumnya suhu air pendingin diukur dengan *Thermometer* jenis-jenis air gelas biasa yang dibungkus dengan plat logam untuk melindungi kaca agar tidak mudah pecah. (Maanen, P. V. (2002))



Gambar 2.7 *Thermometer*

2.3 Aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Mengenai *Sea Water Cooling* (Vol III, 2019 *Section 11* hal.11)

1) *Sea Chest*

Hubungan kelaut sekurang-kurangnya 2 *sea chest* harus ada. Bilamana mungkin *sea chest* diletakkan serendah mungkin pada masing - masing sisi kapal. Untuk daerah pelayaran yang dangkal, disarankan bahwa harus terdapat sisi pengisapan air laut yang lebih tinggi, untuk mencegah terhisapnya lumpur atau pasir yang ada di perairan dangkal tersebut. Diharuskan suplai air laut secara keseluruhan untuk main engine dapat diambil hanya dari satu buah *sea chest*. Tiap *sea chest* dilengkapi dengan suatu ventilasi yang efektif. Pengaturan ventilasi tersebut haruslah disetujui yang meliputi : Suatu pipa udara sekurang-kurangnya berdiameter dalam 22 mm yang dapat diputuskan hingga diatas *deck bulhead*. Adanya tempat dengan ukutan yang cukup di bagian dinding plat.

Saluran udara bertekanan atau saluran uap melengkapi kelengkapan *sea chest* untuk pembersihan *sea chest* dari kotoran. Saluran tersebut dilengkapi dengan katup shut off yang dipasang di *sea chest*. Udara yang dihembuskan ke *sea chest* dapat melebihi 2 bar jika *sea chest* dirancang untuk tekanan yang lebih tinggi.

2) Katup

Katup *sea chest* dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dioperasikan dari atas plat lantai (*floor plates*). Pipa tekan untuk sistem pendingin air laut dipasang dengan suatu katup *shut off* pada *shell plating*.

3) *Strainer*

Sisi hisap pompa air laut dipasang *strainer*. *Strainer* tersebut juga diatur sehingga dapat dibersihkan selama pompa beroperasi. Bilamana air pendingin dihisap oleh saluran yang dipasang dengan penyaringnya, maka pemasangan *strainer* dapat diabaikan.

4) Pompa Pendingin Air Laut

Pembangkit penggerak utama kapal dengan menggunakan mesin diesel harus dilengkapi dengan pompa utama dan pompa cadangan. Pompa pendingin mesin induk yang diletakkan pada pembangkit penggerak (*propulsion plant*) dipastikan bahwa pompa itu dapat memenuhi kapasitas air pendingin yang layak untuk keperluan mesin induk dan mesin bantu pada berbagai jenis kecepatan dari *propulsion plant* (untuk pompa cadangan digerakkan oleh mesin yang *independent*). Pompa air pendingin utama dan cadangan masing-masing kapasitasnya merupakan kapasitas maksimal air pendingin yang diperlukan oleh pembangkit atau sebagai alternatif tiga buah pompa air pendingin dengan kapasitas yang sama dapat dipasang. Bahwa dua dari pompa tersebut cukup untuk menyuplai air pendingin yang diperlukan pada kondisi operasi beban penuh pada temperatur rancangan. Dengan pengaturan ini dimungkinkan untuk pompa yang kedua secara otomatis mengambil alih operasi hanya pada temperatur yang lebih tinggi dengan dikendalikan oleh *thermostat*. Pompa ballast atau pompa air laut lainnya dapat digunakan sebagai pompa pendingin cadangan. Bilamana air pendingin dipasok oleh saluran hisap (Scoop), pompa air pendingin utama dan cadangan harus dipastikan memiliki kapasitas yang menjamin keandalan pada operasinya pada pembangkit dibawah kondisi pembebanan parsial. Pompa air pendingin utama secara otomatis dibangkitkan sesegera mungkin bila kecepatan turun di bawah kecepatan yang dibutuhkan.

5) Cooler

Pendingin dari sistem air pendingin, mesin, dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh pada berbagai jenis kondisi. Temperatur air pendingin dipasang sesuai untuk keperluan yang dibutuhkan oleh mesin dan peralatan. Penukar panas untuk peralatan bantu pada sirkuit air pendingin

utama jika memungkinkan dilengkapi dengan jalur *by pass*, bilamana terjadi gangguan pada penukar panas, untuk menjaga kelangsungan operasi sistem. Dipastikan bahwa peralatan bantu dapat tetap bekerja saat perbaikan pada peralatan pendingin utama. Bilamana perlu diberikan pengalih aliran ke penukar panas yang lain, permesinan, atau peralatan sepanjang suatu penukaran panas sementara dapat diperoleh. Katup *shut off* dipasang pada sisi hisap dan tekan dari semua penukar panas. Tiap penukar panas dan pendingin dilengkapi dengan ventilasi dan saluran kuras.

6) Tangki Ekspansi

Tangki ekspansi diatur pada ketinggian yang cukup untuk tiap sirkuit air pendingin. Sirkuit pendingin lainnya hanya dapat dihubungkan ke suatu tangki ekspansi umum jika tidak saling mempengaruhi satu sama lainnya, perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa kerusakan dan kegagalan dari sistem tidak dapat mempengaruhi sistem lain. Tangki ekspansi dihubungkan dengan jalur pengisi, pengukur tinggi air, dan saluran kuras.

7) Pengatur Suhu (*Thermostat*)

Sirkuit air pendingin dilengkapi dengan pengatur suhu sesuai yang diperlukan dan sesuai dengan peraturan yang ada. Alat pengatur yang mengalami kerusakan dapat mempengaruhi fungsi kinerja dari mesin yang dilengkapinya atau saat pengatur itu bekerja.

2.4 Teori *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis adalah metode sistematis yang digunakan untuk menganalisis penyebab suatu risiko. FTA merupakan metode analitis untuk menentukan semua faktor yang mungkin mengarah pada kegagalan dan merupakan salah satu teknik utama yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan peringkat risiko laten. FTA bertujuan untuk menentukan faktor yang mungkin menjadi penyebab kegagalan, menemukan tahapan kejadian yang mungkin menjadi penyebab kegagalan, menganalisis kemungkinan sumber resiko, dan menginvestigasi kegagalan. Metode ini

merupakan metode analisis deduksi logis yang dirancang untuk penilaian risiko sistem yang kompleks, dengan fokus pada peristiwa yang paling tidak diinginkan dalam sistem, dan mendefinisikan penyebab langsung dan tidak langsung terjadinya suatu kegagalan. Pendekatan *top down* pada FTA dimulai dengan asumsi kegagalan dari kejadian puncak (*Top Event*). Selanjutnya, *top event* dirinci hingga sampai pada kegagalan dasar (*Basic Event*). Hubungan antara *top event* dan *basic event* dinyatakan dengan gerbang logika (*logic gates*), baik yang menggambarkan kondisi tunggal maupun kumpulan berbagai kondisi pemicu kegagalan (Yunita Nugrahaini Safrudin, 2021).

Teknik untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) dari suatu sistem dengan memakai FT (*Fault Tree*) yang diperkenalkan pertama kali pada tahun 1962 oleh H. S. Watson di Bell Telephone Laboratories dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran minuteman misile antar benua. (Priyanta 2000 : 17).

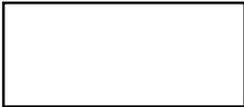
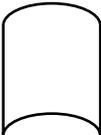
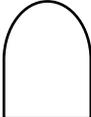
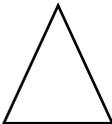
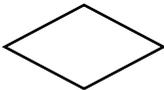
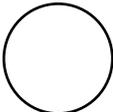
Fault tree analysis (FTA) adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut undesired event terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya undesired event tersebut. (Kristiansen, 2005 : 225)

FTA adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu resiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat top down, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (top event) kemudian merinci sebab-sebab suatu top event sampai pada suatu kegagalan dasar (root cause).

FTA merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. Fault tree analysis mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika

sederhana. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Konstruksi dari FTA meliputi gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (logic transfer components) dan FTA. (Cheng Kuo, 2007 : 103)

Table 2. 1 Simbol - Simbol *Fault Tree Analysis*

Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Logic Event OR</i>
	<i>Logic Event AND</i>
	<i>Transferred Event</i>
	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>

Kegagalan yang ada pada sistem bisa disebabkan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikannya atau disebut

juga human error, dan kejadian di luar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya undesired event. Fault tree dibangun berdasarkan pada salah satu undesired event yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan-kegagalan yang ada, yang digunakan untuk membangun fault tree. Pada satu sistem bisa terdapat lebih dari satu undesired event dan masing-masing undesired event mempunyai representasi fault tree yang berbeda-beda yang disebabkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada fault tree, undesired event yang akan dianalisa disebut juga top event.

a. Kelebihan dan kekurangan metode fault tree analysis Menurut Cheng Kuo (2007: 227), fault tree analysis mempunyai kelebihan dan kekurangan, yaitu:

- Kelebihan

1. Dalam kasus sebuah sistem yang kompleks pohon kesalahan memberikan cara yang baik dan logis untuk mengintegrasikan berbagai penyebab. Konstruksi diagram pohon dapat menentukan probabilitas nilai-nilai dan membantu memberikan pemahaman yang lebih baik dari suatu system.
2. Pohon kesalahan dapat digunakan untuk melakukan analisis sensitivitas sehingga perbedaan dari berbagai penyebab dapat dibandingkan, dampak terhadap keseluruhan sistem dengan menganalisa perubahan tersebut dengan kemungkinan nilai. (Cheng Kuo, 2007: 227)

- Kekurangan

1. Pengalaman dan pengetahuan yang banyak diperlukan untuk membuat bangunan pohon yang tepat. Kesalahan memasukkan sebuah masukan dapat menyebabkan memberikan hasil yang tidak benar

2. Sulit untuk memilih gerbang logika yang paling tepat di saluran penghubung dan hal ini dapat menimbulkan secara luas variasi-variasi nilai yang dihasilkan. (Cheng Kuo, 2007: 227)
- Prinsip kerja metode fault tree analysis Prinsip kerja metode fault tree analysis menurut Kristiansen (2005: 227), adalah :
 1. Kegagalan sistem / kecelakaan
 2. Fault tree analysis terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan system / kecelakaan
 3. Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika “AND” atau “OR” atau gerbang logika lainnya.
 4. Kejadian di atas dan semua peristiwa terdapat beberapa penyebab dan ditandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan di persegi panjang.

2.5 Metode *Urgency, Seriousness, Growth* (USG)

Urgency, Seriousness, Growth (USG) adalah salah satu alat untuk menyusun urutan prioritas isu yang harus diselesaikan. Caranya dengan menentukan tingkat urgensi, keseriusan, dan perkembangan isu dengan menentukan skala nilai 1 – 5 atau 1 – 10. Isu yang memiliki total skor tertinggi merupakan isu prioritas. Untuk lebih jelasnya, pengertian *urgency*, *seriousness*, dan *growth* dapat diuraikan sebagai berikut :

a. *Urgency*

Seberapa mendesak isu tersebut harus dibahas dikaitkan dengan waktu yang tersedia serta seberapa keras tekanan waktu tersebut untuk memecahkan masalah yang menyebabkan isu tadi.

b. *Seriousness*

Seberapa serius isu tersebut perlu dibahas dikaitkan dengan akibat yang timbul dengan penundaan pemecahan masalah yang menimbulkan isu tersebut atau akibat yang menimbulkan masalah-masalah lain kalau masalah penyebab isu tidak dipecahkan. Perlu dimengerti bahwa dalam keadaan yang sama, suatu masalah yang dapat menimbulkan masalah lain adalah

lebih serius bila dibandingkan dengan suatu masalah lain yang berdiri sendiri.

c. *Growth*

Seberapa kemungkinan-kemungkinannya isu tersebut menjadi berkembang dikaitkan kemungkinan masalah penyebab isu akan makin memburuk kalau dibiarkan.

Metode USG merupakan salah satu cara menetapkan urutan prioritas masalah dengan metode teknik *scoring*. Proses untuk metode USG dilaksanakan dengan memperhatikan urgensi dari masalah, keseriusan masalah yang dihadapi, serta kemungkinan berkembangnya masalah tersebut semakin besar. Hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) *Urgency*, yaitu dilihat dari tersedianya waktu, mendesak atau tidak masalah tersebut diselesaikan.
- 2) *Seriousness* atau tingkat keseriusan dari masalah, yakni dengan melihat dampak masalah tersebut terhadap produktifitas kerja, pengaruh terhadap keberhasilan, membahayakan system atau tidak.
- 3) *Growth* atau tingkat perkembangan masalah yakni apakah masalah tersebut berkembang sedemikian rupa sehingga sulit untuk dicegah.

Penggunaan metode USG dalam penentuan prioriotas masalah dilaksanakan apabila pihak perencana telah siap mengatasi masalah yang ada, serta hal yang sangat dipentingkan adalah aspek yang ada dimasyarakat dan aspek dari masalah itu sendiri (Habibi Firlana, 2018).

Berikut penulis paparkan tabel untuk menentukan prioritas masalah dengan menggunakan metode USG :

Tabel 2. 2 Contoh tabel penentuan priotitas masalah metode USG

No	Masalah	Nilai USG			Skor	Ranking
		<i>Urgency</i> (<i>U</i>)	<i>Seriousness</i> (<i>S</i>)	<i>Growth</i> (<i>G</i>)		
1	Masalah A	5	5	5	15	I
2	Masalah B	5	5	5	15	II
3	Masalah C	5	5	5	15	III
4	Masalah D	5	5	5	15	IV