

ANALISIS KEANDALAN DAN RISIKO SISTEM PELUMASAN MESIN UTAMA SABUK NUSANTARA 43

Suardi¹, Muhammad Uswah Pawara¹, Faisal Mahmuddin², Syerly Klara², Muhammad Rusydi Alwi², Abdul Basiq Zainal Abidin²

¹) Prodi Teknik Perkapalan, Jurusan Sains, Teknologi Pangan dan Kemaritiman, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia, 76127

²) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia, 92171

Email: suardi@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan pendekatan sistematis dalam mengevaluasi keandalan sistem pelumasan pada kapal Sabuk Nusantara 43. Penilaian risiko dilakukan dengan menerapkan dua pendekatan, yaitu metode kuantitatif dan metode semi-kuantitatif. Pendekatan kuantitatif menggunakan pendekatan nilai numerik dalam analisis, sementara pendekatan semi-kuantitatif menggabungkan elemen analisis kualitatif dan kuantitatif. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi kejadian yang tidak hanya berpotensi mengganggu operasional perpipaan, tetapi juga dapat berdampak pada aspek keselamatan dan lingkungan. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa risiko terbesar terkait dengan instalasi pelumas pada kapal Sabuk Nusantara 43 terfokus pada komponen filter. Tingkat kerusakan komponen ini mencapai lima kali dalam satu tahun, dan berdasarkan analisis risk matrixplotting, risikonya masuk dalam kategori "major" (Tidak Diterima). Sebagai solusi pengendalian risiko yang direkomendasikan, dianjurkan pemilihan komponen saringan yang mematuhi standar yang berlaku, pelaksanaan perawatan berkala yang cermat, serta penghindaran penggunaan minyak pelumas yang sudah terlalu lama atau bekas. Dalam konteks ini, penelitian ini menekankan pentingnya evaluasi keandalan sistem pelumasan pada kapal Sabuk Nusantara 43 dengan memanfaatkan pendekatan metode kuantitatif dan semi-kuantitatif. Temuan utama menunjukkan bahwa risiko terbesar terkait dengan komponen filter, dan perbaikan serta perawatan yang teliti sangat diperlukan untuk meminimalkan risiko kerusakan. Sebagai rekomendasi pengendalian risiko, disarankan pemilihan komponen yang memenuhi standar yang berlaku, pelaksanaan perawatan berkala yang teliti, serta manajemen penggunaan minyak pelumas yang lebih efisien.

Kata Kunci: Risk assessment, Keandalan, Sistem Pelumasan, Rekomendasi Mitigasi

Abstract

This research presents a systematic approach for assessing the reliability of the lubrication system on the Sabuk Nusantara 43 ship. The study employs two risk assessment methods: quantitative and semi-quantitative. The quantitative approach employs numerical analysis, while the semi-quantitative method combines qualitative and quantitative elements to identify potential events with the capacity to disrupt operations and affect safety and the environment. Results reveal that the highest risk concerning the lubricant installation on the Sabuk Nusantara 43 ship pertains to the filter components. These components experience damage rates five times annually, positioning the risk within the "major" category (unacceptable) based on risk matrix analysis. To mitigate this risk, recommendations include selecting compliant filter components, conducting diligent periodic maintenance, and optimizing the use of lubricating oil. This study underscores the importance of assessing lubrication system reliability on the Sabuk Nusantara 43 ship through quantitative and semi-quantitative methods, with a focus on filter components and the need for comprehensive maintenance practices.

Keywords: Risk assessment, reliability, LO System, mitigation recommendations

1. PENDAHULUAN

Untuk menunjang konektivitas antar pulau-pulau di Indonesia maka sangat diperlukan adanya moda transportasi yang murah dan terjangkau bagi masyarakat. Pemerintah Indonesia melalui kementerian perhubungan telah membuat 63 trayek pelayaran kapal

perintis dengan jumlah armada 32 kapal perintis dan 35 kapal barang [1]. Salah satu jenis armada kapal perintis adalah sabuk nusantara 43, kapal dengan IMO number 9734044 yang dibangun pada tahun 2014 ini memiliki rute pelayaran antara lain Waingapu, Salura, Raijua, Sabu, Ndao, Rote, Kupang, Wulandoni, dan Larantuka [2]. Sebagaimana dengan konsep desain kapal pada umumnya

yaitu untuk mendapatkan bentuk desain yang ideal serta untuk memudahkan mobilisasi baik penumpang maupun barang [3][4].

Sabuk Nusantara 43 dalam sekali trayek mulai dari pelabuhan waingapu hingga kembali ke waingapu lagi memakan waktu 8 hari [5] yang tentunya hal ini harus ditunjang dengan tingkat ketahanan mesin dan sistem pendukungnya seperti sistem bahan bakar, sistem pelumas dan pendingin mesin. Kegagalan pada sistem pendukung seperti sistem bahan bakar, sistem pendingin atau pelumasan dapat menyebabkan sistem tidak beroperasi dengan optimal sehingga dapat menyebabkan kegagalan pada mesin induk, hal ini bisa disimpulkan bahwa awal kerusakan mesin umumnya dimulai dari kerusakan dari sistem pendukungnya. Untuk sistem pelumasan kapal ini dimulai dari tangki storage kemudian melalui valve, filter, valve, hand pump, valve dan diteruskan masuk ke mesin utama dan generator.

Mesin utama harus ditunjang oleh sistem pendukung agar dapat beroperasi secara optimal. Mesin utama dapat dikatakan baik jika mampu memberikan nilai performa yang baik seperti daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan nilai efisiensi termal yang mumpuni [6], [7]. Salah satu penunjang dari mesin utama adalah sistem pelumasannya, fungsi utama dari sistem pelumasan adalah untuk mengurangi gesekan yang terjadi dari bagian bagian mesin yang bergerak dan saling berinteraksi. Sedangkan fungsi lain dari sistem pelumasan adalah sebagai pendingin mesin, sebagai pembersih, untuk pencegah korosi serta sebagai media untuk melakukan cek kondisi ataupun kerusakan yang terjadi pada mesin [8]. Sementara antisipasi kegagalan komponen didalam sistem ini dapat dilakukan dengan cara analisa keandalan atau evaluasi keandalan pada sistem pelumasan ini. Sebuah penelitian di jepang dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan instalasi pasokan pipa hidrogen saat masih dalam tahapan desain dengan tujuan untuk mengidentifikasi resiko kritis dan langkah-langkah pencegahan yang harus dilakukan [9]. penelitian terkait keandalan pipa

juga telah dilakukan guna mengetahui resiko kecelakaan yang mungkin terjadi akibat terjadinya aktifitas seismik gempa [10] dan penelitian selanjutnya yaitu dengan menghitung kemungkinan resiko yang terjadi dan penerapan strategi service inspection secara rutin memungkinkan umur kelelahan dan keretakan pada pressure vessel piping bisa dicegah [11].

Sama halnya dengan pipa lainnya, di kapal sabuk nusantara 43 juga memiliki instalasi pipa yang kompleks dan hal ini harus diantisipasi agar kegagalan sistem pelumasan mesin utama tidak terjadi. Sementara itu Risiko merupakan kemungkinan terjadinya sesuatu yang akan berdampak hal-hal yang tidak diinginkan sementara untuk penilaian resiko sendiri terbagi atas tiga yaitu identifikasi resiko, analisis resiko, dan evaluasi resiko [12]. sebagai tindakan pencegahan terhadap hal-hal tersebut diperlukan penilaian terhadap risiko atau risk assessment. Analisa risiko terdiri atas tiga komponen utama, yaitu *risk assessment*, *risk management*, dan *risk communication*. *Risk assessment* merupakan penilaian terhadap risiko suatu sistem atau komponen sehingga bila terjadi hal-hal yang memungkinkan terjadinya bahaya, dapat segera dilakukan tindakan pencegahan. Tindakan pencegahan atau biasa dikenal tindakan mitigasi termasuk dalam risk management. Setelah sistem atau komponen yang berisiko diatur sedemikian rupa sehingga mencegah suatu bahaya terjadi, tindakan penilaian risiko serta penanganan wajib disampaikan kepada pihak-pihak terkait seperti staf, pekerja, maupun penduduk sekitar. Tindakan tersebut dinamakan risk communication.

Risk assessment dilakukan terhadap suatu objek dengan mengidentifikasi kejadian-kejadian yang mungkin terjadi dan memberikan sebuah nilai bahaya dalam skala tertentu. Adapun objek yang dimaksud pada penelitian ini adalah system pelumasan kapal perintis sabuk nusantara 43. Kemudian dilakukan juga identifikasi terhadap faktor penyebab dari setiap kejadian, dimana

terdapat beberapa macam faktor yang mungkin terjadi Setelah mengidentifikasi kejadian yang mungkin terjadi maka dilakukan perhitungan frekuensi yang mungkin terjadi pada setiap kejadian. Dari identifikasi konsekuensi dan perhitungan frekuensi maka dapat dibuat risk matrix yang menunjukkan posisi dari risiko yang mungkin terjadi pada objek, apakah risiko tersebut dapat diterima atau tidak.

Kajian tentang analisis resiko sebenarnya sudah sangat banyak dilakukan diantaranya adalah dengan menggunakan metode FTA dan ETA, peneliti melakukan analisa dampak terjadinya covid 19 terhadap tingkat perekonomian masyarakat pesisir surabaya [13], penelitian lain juga menggunakan metode Fault Tree Analisis untuk menguji keandalan mesin penggerak kapal otonomus [14] penelitian selanjutnya juga melakukan penelitian tentang tingkat bahaya pada pipa pasokan LNG *Floating Storage Regasification Unit* (FSRU) dan memprediksi frekuensi kejadian dan analisis konsekuensi serta bentuk mitigasi yang tepat untuk dilakukan [15] dan yang lainnya melakukan penelitian yang masih sama pada instalasi pipa gas yang mana dilakukan untuk mengetahui efek keterlambatan proses pembangunan pipa distribusi yang mampu menekan keterlambatan distribusi gas [16].

2. METODE

2.1 Deskripsi Sabuk Nusantara 43

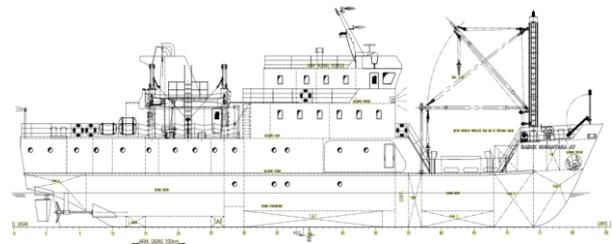
Objek kapal yang digunakan pada penelitian ini adalah kapal sabuk nusantara 43 yang data ukuran utama kapalnya sesuai pada tabel 1 mengacu pada data yang tersedia pada register BKI [17].

Tabel 1. Spesifikasi Dimensi Kapal

Perintis Sabuk Nusantara 43	Unit
<i>Length Overall (LOA)</i>	68,50 m
<i>Breadth (B)</i>	14.00 m
<i>Depth (H)</i>	6.20 m
<i>Draft (T)</i>	2.89 m

Perintis Sabuk Nusantara 43	Unit
<i>Ship Builder</i>	PT. Daya Radar Utama (2014)

Untuk desain kapal Perintis Sabuk Nusantara 43 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain kapal Sabuk Nusantara 43

Langkah pengerjaan selanjutnya adalah dilakukan kajian resiko, risiko harus diusahakan agar sekecil mungkin (berada pada zona hijau), artinya setelah pengurangan risiko dilakukan, perlu juga dipertimbangkan dari segi biayanya. Diusahakan risiko tetap dapat diterima lalu diikuti dengan biaya yang seminimum mungkin. Perhitungan pengurangan frekuensi harus diprioritaskan sebelum perhitungan pengurangan konsekuensi. Berbagai macam penelitian terkait analisis resiko telah dilakukan seperti.

Proses dari analisa risiko ini terdiri dari empat langkah dasar antara lain:

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard*)
2. Perkiraan Frekuensi
3. Perkiraan Konsekuensi
4. Evaluasi Risiko

2.2 Standar Regulasi

Dalam perhitungan risk assessment maupun dalam bidang rekayasa teknik lainnya, dibutuhkan suatu aturan yang mengatur dengan jelas, baik itu definisi, prosedur maupun teknis suatu bidang dengan harapan dapat mencapai tujuan sesuai dengan yang diinginkan tanpa melanggar aturan yang

berlaku. Aturan sangat erat kaitannya dengan kesehatan, keselamatan dan lingkungan sehingga hal-hal yang tidak diinginkan seperti kecelakaan maupun bencana, dapat dihindari sedini mungkin.

Dalam dunia maritime, *International Maritime Organization* (IMO) sebagai induk organisasi maritime dunia, banyak mengeluarkan aturan yang didasarkan pada pengalaman-pengalaman historis. Untuk keselamatan, IMO mengeluarkan aturan seperti *International Regulations for Preventing Collisions at Sea* (COLREG) [18], *safety of Life at Sea* (SOLAS) [19] dan *Marine Pollution* (MARPOL) [20]. IACS (*International Association of Classification Societies*) juga banyak mengeluarkan aturan tak terkecuali badan klasifikasi yang tergabung di dalamnya seperti DNV (*Det Norske Veritas*). Tak ketinggalan pula *statutory/ flag state* juga mempunyai aturan tersendiri terkait keselamatan.

2.3 Hazard Identification

Hazard adalah suatu keadaan yang bersifat kualitatif yang mempunyai pengaruh terhadap frekuensi kemungkinan terjadinya kerugian ataupun besarnya jumlah dari kerugian yang mungkin terjadi. Sedangkan identifikasi bahaya adalah proses dalam mengenali bahaya yang mungkin terjadi dengan tanpa melihat hal yang diterima atau tidak diterima yang terjadi. Biasanya kegiatan ini dilakukan oleh orang yang sudah ahli atau sangat berpengalaman dan juga didasarkan pada data literatur yang ada sebelumnya. [10].

2.4 Frequency Analysis

Perkiraan frekuensi dimulai dengan melakukan studi literatur pada riset-riset yang telah dilakukan sebelumnya dan pada data-data yang telah ada. Dari studi literatur tersebut akan dianalisa berapa banyak frekuensi akan terjadi pada setiap kejadian. Selanjutnya frekuensi didapatkan dengan melakukan

perhitungan berdasarkan skenario yang ada. Skenario dibuat berdasarkan asumsi logis sehingga kemungkinan terjadinya suatu kejadian risiko bisa diterima dan nilai frekuensi yang didapat juga dapat digunakan untuk melakukan pengambilan keputusan pada hasil akhir.

2.5 Consequency Analysis

Sama halnya dengan frekuensi, perkiraan konsekuensi juga dimulai dengan melakukan studi literatur pada riset-riset yang telah dilakukan sebelumnya dan pada historical data. Konsekuensi tersebut bisa diukur dari jumlah *fatalities/ loss of life, cost* maupun parameter lainnya pada suatu asset.

2.6 Risk Assessment

Penilaian risiko setelah melalui tahapan hazard identification, frequency analysis dan consequence analysis. Pada tahapan ini, kita akan mengetahui apakah suatu sistem atau asset yang kita hitung risikonya berada pada daerah yang dapat diterima, yang dapat ditolerir atau tak dapat diterima.

Unacceptable risk adalah suatu keadaan dimana wajib dilakukan mitigasi dengan konsekuensi akan terjadi kecelakaan atau bencana yang sulit dihindari dengan sistem yang ada, bukan hanya berdampak pada sistem namun juga berdampak pada lingkungan sekitar. *Acceptable risk* adalah suatu keadaan dimana aset atau sistem, memiliki tingkat risiko yang dapat diterima. Sedangkan daerah yang dapat ditolerir atau daerah ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) adalah daerah dimana asset berada dalam kondisi yang cukup aman namun sangat dianjurkan untuk dilakukan mitigasi jika memungkinkan. Hal ini sangat erat kaitannya dengan *cost benefit*

analysis. Sederhananya dapat dilihat pada gambar 2.

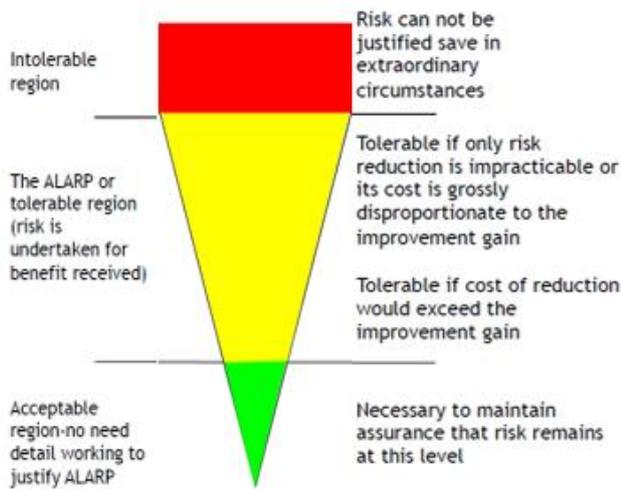


Figure 2. Kriteria penerimaan risiko

Risk assessment biasanya digambarkan dalam matriks hubungan antara konsekuensi dan frekuensi sebagaimana contoh tabel 2

Tabel 2. Risk matrix

Frequent	Risk Level 4	Risk Level 5	Risk Level 6	Risk Level 7
Reasonably Probable	Risk Level 3	Risk Level 4	Risk Level 5	Risk Level 6
Remote	Risk Level 2	Risk Level 3	Risk Level 4	Risk Level 5
Extremely Remote	Risk Level 1	Risk Level 2	Risk Level 3	Risk Level 4
	Insignificant	Minor	Major	Catastrophic

Level 1-2 (warna hijau) menunjukkan bahwa *low risk means acceptable region*, level 3-4 (warna kuning) *medium risk means ALARP region*, dan level 5-7 (warna merah) menunjukkan bahwa *High risk means unacceptable region*

2.7 Risk Control Options

Setelah melakukan penilaian risiko, maka ada beberapa *hazard* yang ternyata termasuk dalam kategori *unacceptable risk* pada region risk matrix. Ada beberapa metode

yang kemudian dapat menjadi opsi untuk pemeliharaan aset agar tetap dapat beroperasi pada daerah yang risikonya dapat diterima.

Secara umum, metode avoidance, mitigation, transfer dan acceptance, dapat dilakukan pada tahapan ini dengan mempertimbangkan beberapa aspek dan tentu saja kajian *cost analysis* sangat diperlukan untuk menentukan metode yang digunakan. Adapun yang metode yang dimaksud, secara sederhana dapat diartikan sebagaimana definisi di bawah ini.

1. **Avoidance** : Adalah suatu usaha yang dilakukan dengan dengan menghindari atau menghentikan suatu event yang dapat menimbulkan risiko yang besar.
2. **Mitigation** : Metode mengurangi dampak risiko yang dapat timbul dengan mereduksi frekuensi maupun konsekuensi dari suatu event melalui suatu langkah yang strategis.
3. **Transfer** : Melibatkan pihak ketiga dalam pemeliharaan aset. Dalam hal ini, pihak asuransi.
4. **Acceptance** : Memilih untuk menerima risiko meskipun secara teoritis, risiko tersebut berada pada daerah *unacceptable risk*/ risiko yang tak dapat diterima dengan konsekuensi yang dapat berakibat fatal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk deskripsi sistem pelumasan kapal dapat dilihat pada gambar 3.

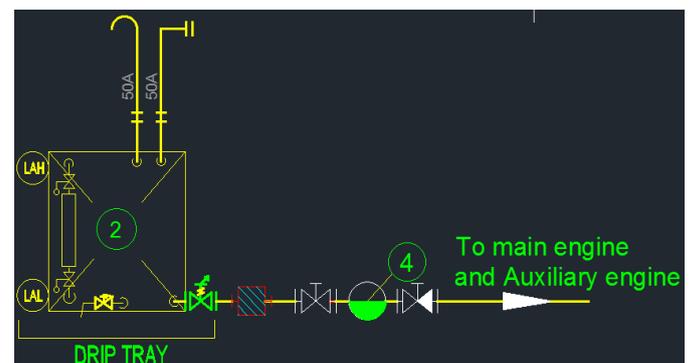


Figure 3. sistem instalasi pelumasan pada kapal

Pada gambar 2 tampak bahwa setiap komponen pada system pelumasan kapal tersebut terhubung secara seri, Sedangkan semakin banyak komponen komponen yang terhubung secara seri maka keandalan system akan menjadi rendah, begitu pula sebaliknya, semakin banyak komponen komponen yang terhubung secara parallel maka indeks keandalan juga akan semakin tinggi pula.

Total ada 6 bahaya/risiko yang teridentifikasi yang mungkin akan terjadi pada system pelumasan kapal tersebut, yakni:

1. Kebocoran tangki pelumas
2. Ketidak mampuan katup tutup darurat dalam membuka atau menutup
3. Kegagalan pada filter
4. Kegagalan pada Pompa tangan
5. Ketidak mampuan katup Globe dalam membuka atau menutup
6. Kegagalan pada katup SDNR

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa frekuensi dan konsekuensi dengan menggunakan *historical data*. Setelah itu, semua risiko ditabulasikan ke dalam *HAZID worksheet* untuk deskripsi penyebab, dampak dan *risk level* sebagaimana pada penjelasan selanjutnya. Untuk nilai MTTF dan MTTR dapat dilihat dari tabel 2. Sementara untuk nilai Nilai λ (*failure rate*) diperoleh dari *Offshore Reliability Data (OREDA) Handbook 4th Edition* [21].

Tabel 3. Nilai MTTF dan MTTR

Item	λ (<i>Failure rate</i>)	μ (<i>Repair</i>)	MTTF ($1/\lambda$)	MTTR ($1/\mu$)
<i>LO tank Leak</i>	2.3×10^{-6}	24	43.5×10^4	0.042
<i>Level alarm failure LO*</i>	3.2×10^{-6}	-	4.8×10^{-6}	-

<i>Emergency Shut-off valve (fail to regulate)</i>	12×10^{-6} (Oreda)	25.3	83.3×10^3	0.04
<i>Emergency Shut-off valve (fail to close on damand)</i>	73×10^{-6} (Oreda)	0.5	13.7×10^3	2
<i>Filter failure*)</i>	1.3×10^{-6}	-	7.7×10^5	-
<i>Hand pump failure</i>	1.5×10^{-6}	12	6.7×10^5	0.083
<i>Globe valve (fail to regulate)</i>	1.24×10^{-6} (Oreda)	25.3	8×10^4	0.04
<i>Globe valve (fail to open damand)</i>	73×10^{-6} (Oreda)	0.5	13.7×10^3	2
<i>SDNR valve Failure</i>	1.1×10^{-7}	0.5	9.1×10^6	2

**Non repairable system*

Tabel 4. Nilai Keandalan

Item	λ (<i>Failure rate</i>)	Time Operati onal	Nilai Keandalan ($R=e^{-\lambda t}$)
<i>LO tank Leak</i>	2.3×10^{-6}	10000	0.977
<i>Level alarm failure LO*</i>	3.2×10^{-6}	10000	0.969
<i>Emergency Shut-off valve (fail to regulate)</i>	12×10^{-6} (Oreda)	10000	0.887
<i>Emergency Shut-off valve (fail to close on damand)</i>	73×10^{-6} (Oreda)	10000	0.482
<i>Filter failure*)</i>	1.3×10^{-6}	10000	0.987
<i>Hand pump failure</i>	1.5×10^{-6}	10000	0.985

<i>Globe valve (fail to regulate)</i>	1.24×10^{-6} (Oreda)	10000	0.884
<i>Globe valve (fail to open demand)</i>	73×10^{-6} (Oreda)	10000	0.482
<i>SDNR valve Failure</i>	1.1×10^{-7}	10000	0.999

3.1 Analisa Frekuensi

Di bawah ini adalah tabel pengelompokan frekuensi berdasarkan jumlah kasus kejadian kegagalan LO sistem per tahun, dengan detail dekripsi dan definisi.

Tabel 5. Bands Of Frequency

Deskripsi	Definisi	Pertahun*
<i>Frequent (F)</i>	Mungkin terjadi secara kontiniu per tahun	<i>equal or more than</i> 10/tahun
<i>Reasonably probable (RP)</i>	Mungkin terjadi tiap tahunnya dengan intensitas yang tidak terlalu sering seperti pada level <i>Frequent</i> Hanya akan terjadi jika ada hal hal yang tidak diketahui	5/tahun
<i>Remote (R)</i>	dengan intensitas yang sangat rendah	2/tahun
<i>Extremely Remote (ER)</i>	Sangat jarang terjadi bahkan boleh dikatakan tidak akan terjadi dalam setahun	<i>equal or more than</i> 1/ tahun

3.2 Analisa Konsekuensi

Tabel 6 akan menjadi acuan dalam penentuan level konsekuensi dengan parameter yang menjadi acuan adalah dampak kerusakan dan *over heating* pada mesin utama dan bantu kapal

Tabel 6. bands of consequence

Description	Definition
-------------	------------

<i>Catastrophic</i>	Kerugian yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan mesin utama dan bantu jika frekuensi kegagalan LO system berlangsung minimal sekali dalam sebulan
<i>Major</i>	Kegagalan LO system terjadi minimal sekali dalam 2 bulan
<i>Minor</i>	Kegagalan LO system terjadi minimal 3 kali dalam setahun
<i>Insignificant</i>	Kegagalan LO system dianggap tidak terlalu berpengaruh pada permesinan kapal

3.3 Risk Matrix

Setelah penggolongan level frekuensi dan konsekuensi, maka dimasukkanlah data historis sebagaimana penyebab kegagalan yang telah disebutkan sebelumnya. Maka diperoleh data sseperti yang ditunjukkan pada tabel 7

Tabel 7. Bands of Frequency & Consequence LO System

Failures	Frequency	Consequence
Kebocoran tangki pelumas	2 kali/5 tahun	1
Ketidak mampuan katup tutup darurat dalam membuka atau menutup	2 kali/1 tahun	2
Kegagalan pada filter	5 kali/1 tahun	3
Kegagalan pada Pompa tangan	1 kali/1 tahun	1
Ketidak mampuan katup Globe dalam membuka atau menutup	2 kali/1 tahun	2
Kegagalan pada katup SDNR	2 kali/1 tahun	2

Berdasarkan data pada tabel 7 maka untuk setiap jenis kegagalan dapat diplot ke dalam tabel *risk matrix* seperti yang ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Risk matrix

<i>Frequent</i>				
<i>Reasonably Probable</i>			3	
<i>Remote</i>	1,4	2,5,6		
<i>Extremely Remote</i>				
	<i>Insignificant (1)</i>	<i>Minor (2)</i>	<i>Major (3)</i>	<i>Catastrophic (4)</i>

	Not Acceptable
	ALARP Region
	Acceptable

3.4 Risk Control Options (Rekomendasi)

Berdasarkan hasil pengolahan data pada risk matriks, maka ada satu kejadian yang masuk dalam kategori *Unacceptable Risk*.

Tabel 7. Unacceptable Risk

Failures	Category	Recommendation
<i>LO Tank Leak</i>	<i>Insignificant</i>	Tetap dilakukan pengecekan dan perawatan secara berkala
<i>Emergency Shut-off Valve Fail to Regulate</i>	<i>Minor</i>	Tetap dilakukan pengecekan dan perawatan secara berkala
<i>Filter Failure</i>	<i>Major</i>	Pemilihan komponen saringan yang lebih baik serta memenuhi standar dari rules yang ada. Perawatan dan pengecekan secara berkala.

<i>Hand Pump Failure</i>	<i>Insignificant</i>	Menghindari penggunaan minyak pelumas yang terlalu lama serta bekas pakai. Tetap dilakukan pengecekan dan perawatan secara berkala
<i>Globe Valve Fail to Regulate</i>	<i>Minor</i>	Tetap dilakukan pengecekan dan perawatan secara berkala
<i>SDNR Valve Failure</i>	<i>Minor</i>	Tetap dilakukan pengecekan dan perawatan secara berkala

2. KESIMPULAN

Dari hasil analisa terhadap komponen-komponen sistem pelumasan mesin utama dan bantu kapal sabuk nusantara 43 yang dianggap memiliki tingkat kerawanan dan resiko yang tinggi ini adalah terletak pada filternya dimana rasio kegagalan hampir mencapai lima kali dalam setahun sehingga perlu dilakukan antisipasi dan perawatan yang berkala sehingga dapat menunjang kerja dari sistem pelumasan mesin utama dan bantu kapal tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Institut Teknologi Kalimantan yang telah mendanai penelitian ini. Kepada rekan tim peneliti tidak lupa kami ucapkan banyak terimakasih

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. I. Suardi, Kyaw, Aung Ye, Wulandari and F. Zahrotama, "Impacts of Application Light-Emitting Diode (LED) Lamps in Reducing Generator Power on Ro-Ro Passenger Ship 300 GT KMP Bambit," *Int. J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 45–53, 2023.

- [2] “Jadwal Kapal Perintis Sabuk Nusantara Rute Waingapu - Salura, Seba, Ndao, Kupang hingga Larantuka - Tribunflores.com.”
<https://flores.tribunnews.com/2022/11/17/jadwal-kapal-perintis-sabuk-nusantara-rute-waingapu-salura-seba-ndao-kupang-hingga-larantuka> (accessed Nov. 04, 2023).
- [3] R. Risaldo, A. Mursid, N. Arifuddin, A. I. Wulandari, W. Setiawan, and M. U. Pawara, “Design of Motorcycle-Passenger Ship (Klotok) Catamaran Type for Kampung Baru Balikpapan-Penajam Paser Utara,” vol. 8, no. 3, pp. 430–435, 2023.
- [4] M. U. Pawara *et al.*, “Bilge System Design on 500 GT Ferry for Bulukumba-Selayar Route,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 921, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/921/1/012010.
- [5] “KM Sabuk Nusantara 43 Layani Masyarakat Pesisir Selatan Lembata | Koran NTT.”
<https://koranntt.com/2021/01/16/km-sabuk-nusantara-43-layani-masyarakat-pesisir-selatan-lembata/> (accessed Nov. 04, 2023).
- [6] R. J. I. Suardi, Wira Setiawan, Andi Mursid Nugraha Arifuddin, Alamsyah, “Evaluation of Diesel Engine Performance Using Biodiesel from Cooking Oil Waste (WCO),” *J. Ris. Teknol. Pencegah. Pencemaran Ind.*, vol. 14, no. 1, pp. 29–39, 2023, doi: <https://doi.org/10.21771/jrtpi.2023.v14.no1.p29-39>.
- [7] W. S. Suardi, Muhdar Tasrief, Samsu Dlukha Nurcholik, Amalia Ika Wulandari, “Testing the Inclination of an Industrial Diesel Engine Under Static Conditions According to the International Convention for the Safety of Life at,” *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 8–15, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.12962/j25481479.v8i1.15749>.
- [8] S. Domínguez-García, R. Maya-Yescas, and L. Béjar-Gómez, “Reduction of lubricant life in lubrication systems for internal combustion engines due to high lubricant supply rates,” *Mater. Lett.*, vol. 313, no. January, 2022, doi: 10.1016/j.matlet.2022.131785.
- [9] J. Nakayama *et al.*, “Qualitative risk analysis of the overhead hydrogen piping at the conceptual process design stage,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 47, no. 22, pp. 11725–11738, 2022, doi: 10.1016/j.ijhydene.2022.01.199.
- [10] G. Karagiannakis, L. Di Sarno, A. Necci, and E. Krausmann, “Seismic risk assessment of supporting structures and process piping for accident prevention in chemical facilities,” *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 69, no. October 2021, p. 102748, 2022, doi: 10.1016/j.ijdrr.2021.102748.
- [11] G. Mao, M. Niffenegger, and X. Mao, “Probabilistic risk assessment for the piping of a nuclear power plant: Uncertainty and sensitivity analysis by using SINTAP procedure,” *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 200, no. June, p. 104791, 2022, doi: 10.1016/j.ijpvp.2022.104791.
- [12] V. No, M. Hadiyan, and W. A. Pratikto, “Risk Analysis of the Impact of Pandemic COVID-19 on the Health and Economy of Fishery Households in Kedung Cowek Village , Bulak , Surabaya,” vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [13] V. No, H. Bagoes, and W. A. Pratikto, “Analysis of the Impact of COVID-19 Pandemic on Trade and Economy of the Coastal Communities of Kenjeran Village , Surabaya Using the Fault Tree Analysis (FTA) Method,” vol. 6, no. 1,

pp. 1–10, 2022.

- [14] M. M. Abaei, R. Hekkenberg, and A. BahooToroodi, “A multinomial process tree for reliability assessment of machinery in autonomous ships,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 210, no. January, p. 107484, 2021, doi: 10.1016/j.ress.2021.107484.
- [15] D. H. Baskoro, K. B. Artana, and A. A. B. Dinariyana, “Fire risk assessment on Floating Storage Regasification Unit (FSRU),” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 649, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/649/1/012067.
- [16] I. A. Sanjaya, K. B. Artana, and A. Dinariyana, “Risk Assessment of Delay for CEMS and WHRU Installation Project on Plant Shutdown at Central Processing Gas Gundih,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1081, no. 1, p. 012007, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1081/1/012007.
- [17] “BKI Reliable | Homepage.” <https://www.bki.co.id/shipregister-21240.html> (accessed Dec. 16, 2022).
- [18] T. Rules, “International Regulations for preventing collisions at Sea , 1972 PART A,” vol. 1972, pp. 1–29, 1972.
- [19] International Maritime Organization, *SOLAS: consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988 : articles, annexes and certificates*. 2004, p. 566.
- [20] IMO, “MARPOL, Annex I,” 1973.
- [21] OREDA, “Offshore Reliability Data Handbook,” *OREDA, Norway*. 2002. [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Offshore+Reliability+Data+Handbook#0>