

ANALISA PERAWATAN BERBASIS RESIKO PADA SISTEM PELUMAS KM. LAMBELU

Zulkifli A. Yusuf

*Dosen Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Jurusan Perkapalan - Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino, Bontomarannu, Kabupaten Gowa
Telp. 08124256287, email: navalarchitecture78@gmail.com*

Abstrak

Pada kapal KM Lambelu yang dibuat pada tahun 04 september 1997 memiliki sistem penunjang operasional kapal. Salah satunya adalah sistem pelumas penunjang operasional mesin utama. Kerusakan sering terjadi pada komponen system pelumas KM. Lambelu seperti kerusakan pada filter yang diakibatkan umur komponen yang sudah tua dan perawatan yang tidak terencana sehingga mengganggu kinerja operasional mesin utama dan menyebabkan menurunnya kinerja komponen yang mengakibatkan terjadinya sebuah kegagalan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat resiko yang terjadi pada setiap komponen dan nilai Mean Time to Failure (MTTF). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kualitatif meliputi FTA dan FMEA dan analisis Kuantitatif menggunakan model Distribusi Weibull untuk mengetahui nilai MTTF. Metode Risk Based Inspection and maintenance digunakan untuk mengetahui nilai resiko peralatan dan model penjadwalan perawatan. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan distribusi Weibull nilai MTTF tangki harian 3120 jam, pompa transfer 1096 jam, filter duplex 103 jam, strainer 94 jam, dan cooler 674 jam. Pompa transfer memiliki tingkat resiko paling tinggi dan tangki harian, filter duplex, strainer dan cooler memiliki tingkat resiko menengah. Metode inspeksi yang digunakan berupa visual check.

Kata Kunci

Sistem pelumas, MTTF, FTA, FMEA, risk based inspection.

PENDAHULUAN

Pada KM. Lambelu menerapkan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) terhadap komponen sistem pelumasan. Kerusakan yang sering terjadi pada KM. Lambelu adalah kerusakan pada filter hal ini diperkuat dengan data perawatan dimana setiap bulannya terjadi perawatan pada filter yang diakibatkan umur komponen yang sudah tua, biasanya kerusakan yang terjadi pada saringan yang harus diganti dengan cadangan sehingga mengganggu kinerja operasional mesin dan kapal itu sendiri. Maka diperlukan perawatan yang baik untuk memperlambat terjadinya kerusakan atau pun kegagalan pada sistem pelumasan sehingga biaya perawatan bisa dikurangi.

Keandalan (*Reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan melakukan fungsi yang diinginkan sepanjang periode waktu tertentu bilamana digunakan pada kondisi-kondisi pengoperasian yang telah ditentukan. Atau dalam perkataan yang lebih singkat, keandalan merupakan probabilitas dari ketidakgagalan terhadap waktu.

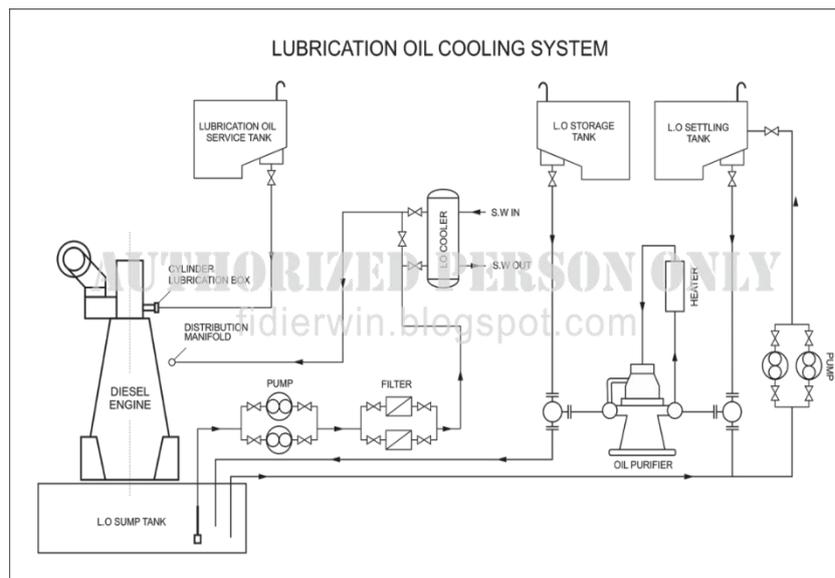
Analisis Perawatan Berbasis Resiko Pada Sistem Pelumas KM. Lambelu

Dalam keandalan Failure mode and Effects Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analisis (FTA) menjadi langkah awal untuk menganalisa keandalan suatu system atau mengidentifikasi kegagalan, penyebab kegagalannya serta dampak kegagalan yang ditimbulkan.

Metode *Risk Based Inspection and maintenance (RBI)* merupakan suatu metode yang berbasis resiko yang menggunakan tingkat resiko sebagai dasar dalam memprioritaskan dan mengatur suatu aktivitas inspeksi. Keuntungan potensial dari metode ini adalah dapat meningkatkan waktu operasi dan kerja dari suatu fasilitas proses dimana pada saat yang bersamaan terjadi peningkatan atau setidaknya perawatan pada level resiko yang sama. Selain dari kegagalan komponen, juga menghasilkan konsekuensi yang didapatkan dari hasil kegagalan suatu komponen.

Sistem Pelumasan

Menurut Maleev (1991), Pelumasan adalah pemberian minyak lumas antara dua permukaan bantalan yaitu permukaan yang bersinggungan dengan tekanan dan saling bergerak satu terhadap yang lain. Pada umumnya sistem pelumasan yang sering digunakan pada mesin dibagi atas dua bagian yaitu: pelumasan basah dan kering.



Gambar1.
Instalasi sistem pelumasan.

Distribusi Weibull

Distribusi *Weibull* 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 (β)
- Parameter skala (η)
- Parameter lokasi (γ)

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

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

$$f(t) \geq ; t \geq \gamma ; \beta > 0 ; \eta > 0 \tag{1}$$

persamaan nilai keandalan R(t):

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \tag{2}$$

Persamaan laju kegagalan (*failure rate*):

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{r(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \tag{3}$$

persamaan waktu rata-rata mencapai kegagalan (MTTF):

$$t = m = MTTF = \eta + \gamma \tag{4}$$

Matriks Resiko

Matriks Resiko dituliskan dengan menjelaskan hubungan antara konsekuensi dari kegagalan (CoF) dan probabilitas kegagalan (PoF) dalam menentukan tingkat resiko. (DNV RP-G101).

Tingkatan resiko dibuat penandaan dalam warna sebagai berikut:

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

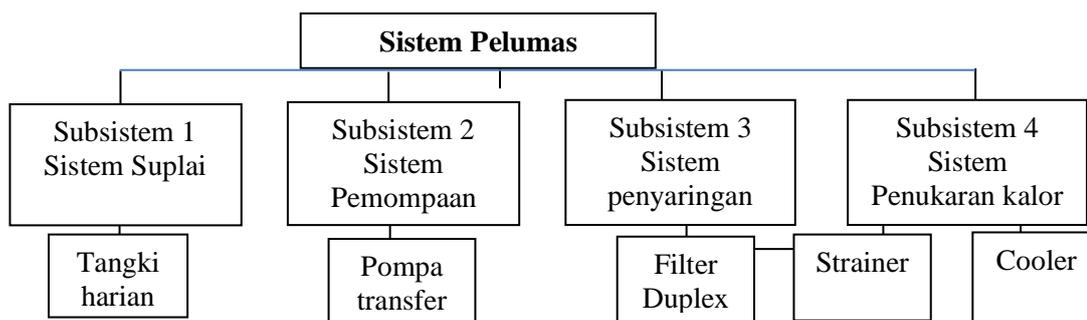
PoF Ranking	PoF Description	A	B	C	D	E
5	(1) In a small population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in the location.	YELLOW	RED	RED	RED	RED
4	(1) In a large population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred 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	Safety	No injury	Minor Injury Absence < 2 days	Major Injury Absence > 2 days	Single Fatality	Multiple Fatalities
	Environment	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.
	Business	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
CoF Ranking		A	B	C	D	E

Analisis Perawatan Berbasis Resiko Pada Sistem Pelumas KM. Lambelu

Analisis Kualitatif

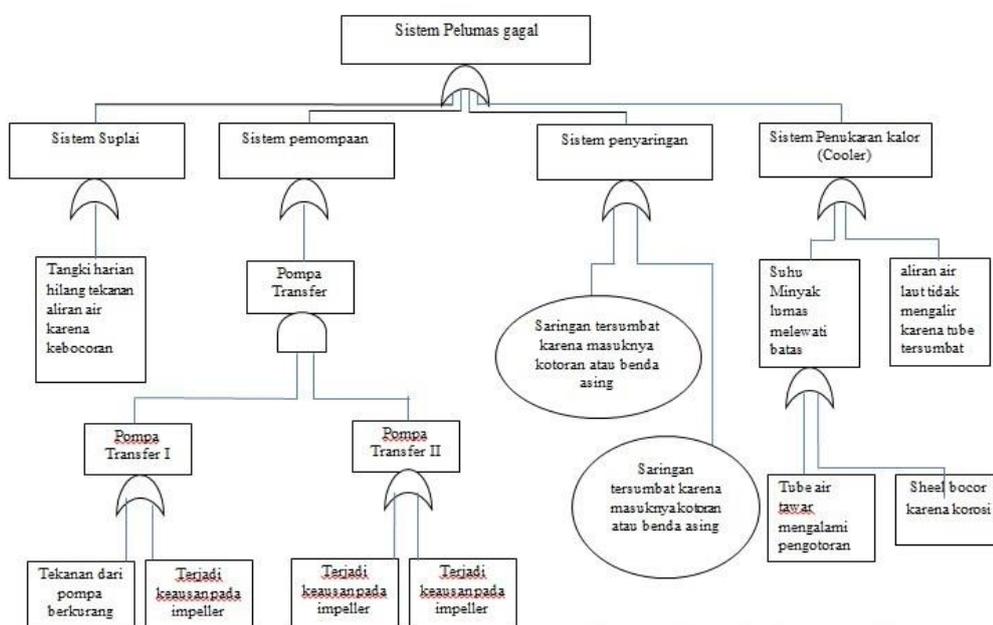
Subsistem Komponen Sistem Pelumas

Subsistem setiap komponen dibuat untuk mempermudah dalam pembuatan analisis kegagalan dan penyebabnya serta dampak dari kegagalan.



Gambar 2.
Subsistem sistem pelumas.

- *Fault Tree Analysis* untuk mengidentifikasi semua sebab akibat yang mungkin terjadi kegagalan sistem.



- Tabel *FMEA* berdasarkan fungsi komponen penyebab kegagalan yang mengakibatkan kegagalan fungsi serta efek kegagalan dari fungsi.

Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)
Volume 14, Nomor 1, Januari - Juni 2016

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANKING	RISK REDUCING MEASURES
ID	COMPONENT		FAILURE MODE	FAILURE MECHANISM	DETECTION OF FAILURE	LOCAL	SYSTEM			
001	Tangki Harian	Tempat penyampungan fluida Minyak yang akan diteruskan ke carter	kebocoran	Korosi	Dilakukan perawatan secara berkala	Volume Minyak yang tertampung berkurang	Sirkulasi Minyak tidak sesuai dengan kebutuhan	Probable	major	Pembersihan rutin tangki dan perbaikan

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANKING	RISK REDUCING MEASURES
ID	COMPONENT		FAILURE MODE	FAILURE MECHANISM	DETECTION OF FAILURE	LOCAL	SISTEM			
001	Pompa Transfer	Memindahkan fluida minyak	Terjadi keausan pada impeller pompa	Kelelahan material	Dilakukan perawatan secara berkala	Pompa tidak beroperasi dengan baik	terganggu	Prequent	major	Dilakukan perbaikan dengan mengganti impiller yang baru

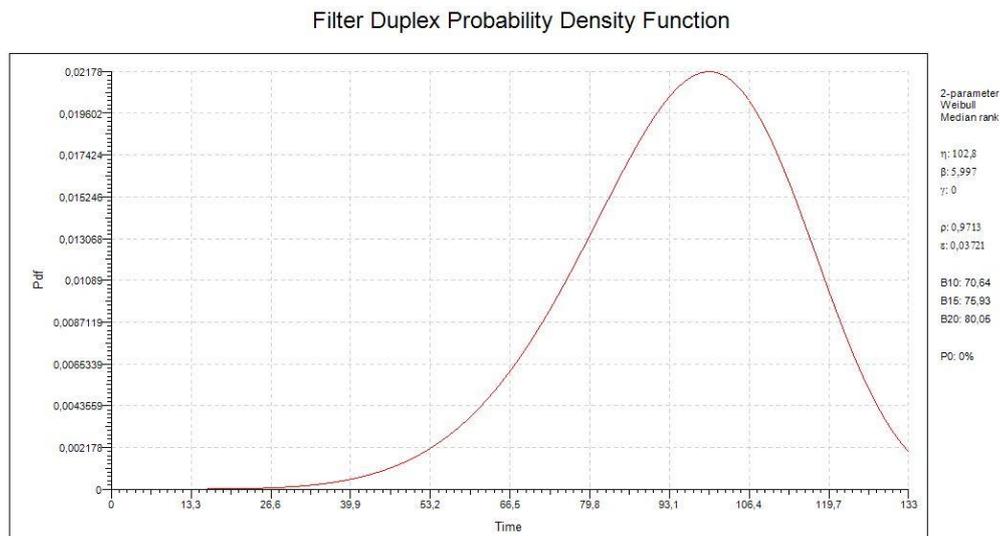
DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANKING	RISK REDUCING MEASURES
ID	COMPONENT		FAILURE MODE	FAILURE MECHANISM	DETECTION OF FAILURE	LOCAL	SISTEM			
001	Filter Duplex	Sebagai alat menyaring partikel-partikel asing atau kotoran dari carter atau tangki.	Tersumbatnya saringan	Material saringan rusak	Dilakukan perawatan secara berkala	Fungsi menurun	Fungsi menurun	Prequent	major	Membersihkan atau mengganti saringan
002	Strainer	Sebagai alat menyaring partikel-partikel asing atau kotoran dari carter atau tangki.	Tersumbatnya saringan	Material saringan rusak	Dilakukan perawatan secara berkala	Fungsi menurun	Fungsi menurun	Prequent	major	Membersihkan atau mengganti saringan

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANKING	RISK REDUCING MEASURES
ID	COMPONENT		FAILURE MODE	FAILURE MECHANISM	DETECTION OF FAILURE	LOCAL	SISTEM			
001	cooler	Sebagai alat penukar kalor	Terjadi kebocoran	Korosi	Dilakukan perawatan secara berkala	Berkurang kemampuan cooler sebagai alat penukar kalor	Temperatur air Minyak lumas tidak sesuai masuk ke mesin sehingga mesin mudah over heating	Probable	major	Memperbaiki atau mengganti cooler

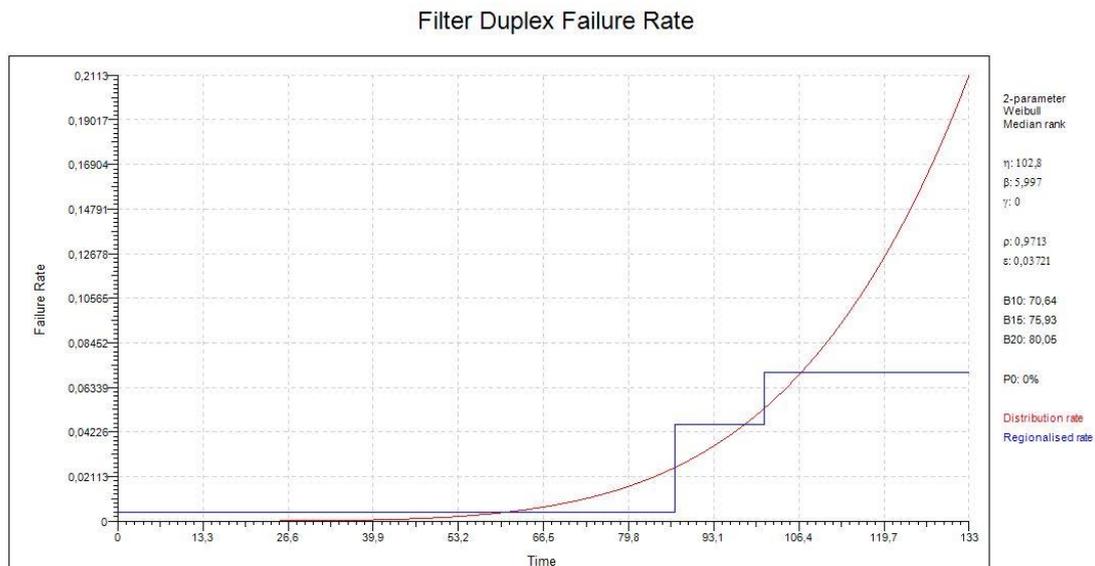
Analisis Perawatan Berbasis Resiko Pada Sistem Pelumas KM. Lambelu

Analisis Kuantitatif

Dalam penelitian ini digunakan software *isograph availability workbench 2.1* dengan menginput data jam operasi komponen berdasarkan log book kapal KM. Lambelu akan diperoleh secara automatically adalah distribusi Weibull menghasilkan kurva *probability density function* dan *failure rate* dan Parameter bentuk (β), Parameter skala (η), Parameter lokasi (γ). Ketiga nilai parameter tersebut digunakan untuk memperoleh nilai indeks *probability density function (pdf)*, *failure rate* (λ), dan *mean time to failure (MTTF)* untuk setiap komponen. Berikut hasil salah satu running software untuk komponen Filter duplex.



Gambar 3.
Hasil isograph *probability density function* filter duplex.



Gambar 4.
Hasil isograph *failure rate* filter duplex.

HASIL DAN BAHASAN

Tangki Harian (Daily Tank)

Jam operasi komponen : 3172, 3093, 3073, 3090, 3105 (Jam)

Parameter bentuk (β) = 61,93, Parameter skala (η) = 3120, Parameter lokasi (γ) = 0

- Nilai *Probability density function* (pdf) tangki harian (daily tank) berdasarkan persamaan distribusi Weibull sebagai berikut:

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

diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 3105 jam operasi yaitu 0,00704733

- Nilai laju kegagalan (λ) pada komponen tangki harian (daily tank) berdasarkan persamaan distribusi Weibull adalah sebagai berikut :

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

diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 3172 jam operasi yaitu 0,054342

- *Mean Time To Failure* (MTTF):

$$\begin{aligned} t = m = MTTF &= \eta + \gamma \\ &= 3120 \text{ jam} + 0 \text{ jam} \\ &= 3120 \text{ jam} \end{aligned}$$

Pompa Transfer

Jam operasi komponen: 1018, 1153, 882, 1158, 1155, 1029, 1187, 869, 1042, 896 (Jam)

Parameter bentuk (β) = 8,725, Parameter skala (η) = 1096, Parameter lokasi (γ) = 0

- Nilai *Probability density function* (pdf) pompa transfer berdasarkan persamaan distribusi Weibull sebagai berikut:

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

Diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 1187 jam operasi yaitu 0,002747.

- Nilai laju kegagalan (λ) pada komponen pompa transfer berdasarkan persamaan distribusi Weibull adalah sebagai berikut:

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

Diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 1187 jam operasi yaitu 0,01474179.

Analisis Perawatan Berbasis Resiko Pada Sistem Pelumas KM. Lambelu

- *Mean Time To Failure* (MTTF):

$$\begin{aligned}t = m = \text{MTTF} &= \eta + \gamma \\ &= 1096 + 0 \text{ jam} \\ &= 1096 \text{ jam}\end{aligned}$$

Filter Duplex

Jam operasi komponen : 74, 110, 69, 133, 101, 93, 70, 87, 74, 86, 90, 101, 122, 106, 87, 98, 113, 105 (Jam).

Parameter bentuk (β) = 5,997, Parameter skala (η) = 102,8, Parameter lokasi (γ) = 0

- Nilai *Probability density function* (pdf) filter duplex berdasarkan persamaan distribusi Weibull sebagai berikut:

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

diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 101 jam operasi yaitu 0,021728.

- Nilai laju kegagalan (λ) pada komponen filter duplex berdasarkan persamaan distribusi weibull adalah sebagai berikut:

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

diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 133 jam operasi yaitu 0,211335.

- *Mean Time To Failure* (MTTF):

$$\begin{aligned}t = m = \text{MTTF} &= \eta + \gamma \\ &= 102,8 \text{ jam} + 0 \text{ jam} \\ &= 102,8 \text{ jam atau } 103 \text{ jam}\end{aligned}$$

Strainer

Jam operasi komponen: 71,93,74, 103, 101, 72, 88,97,76,78,110,117,91,65,85,77 (Jam)

Parameter bentuk (β) = 6,452, Parameter skala (η) = 93,66, Parameter lokasi (γ) = 0

- Nilai *Probability density function* (pdf) strainer berdasarkan persamaan distribusi Weibull sebagai berikut:

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

diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 91 jam operasi yaitu 0,025664.

- Nilai laju kegagalan (λ) pada komponen strainer berdasarkan persamaan distribusi Weibull adalah sebagai berikut:

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

diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 117 jam operasi yaitu 0,231726.

- Mean *Time to Failure* (MTTF):

$$\begin{aligned} t = m = MTTF &= \eta + \gamma \\ &= 93,66 \text{ jam} + 0 \text{ jam} \\ &= 93,66 \text{ jam atau } 94 \text{ jam} \end{aligned}$$

Cooler

Jam operasi komponen: 711,733,567,736,580,565,707,741,570,711,594,589,608, 719,748,580,612 (Jam).

Parameter bentuk (β) = 3,932, Parameter skala (η) = 673,8, Parameter lokasi (γ) = 0

- Nilai *Probability density function* (pdf) cooler berdasarkan persamaan distribusi Weibull sebagai berikut:

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

diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 612 jam operasi yaitu 0,002218.

- Nilai laju kegagalan (λ) pada komponen cooler berdasarkan persamaan distribusi Weibull adalah sebagai berikut :

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

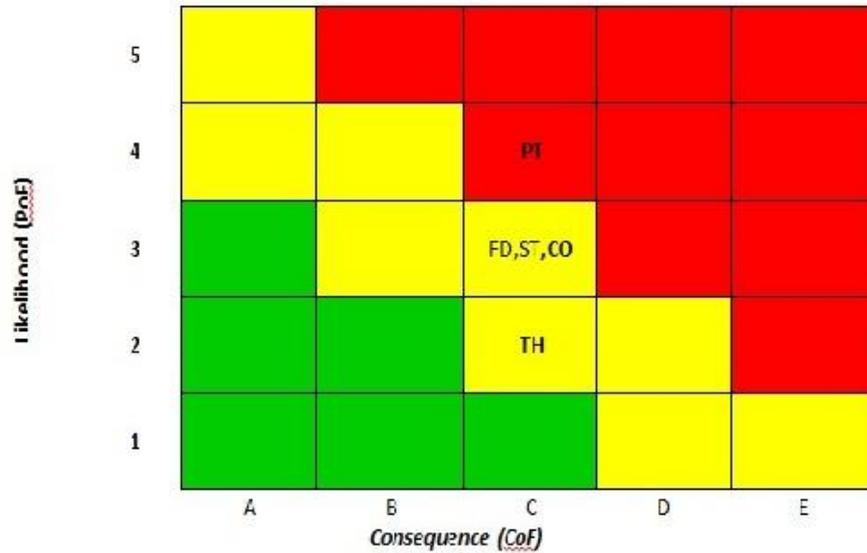
diperoleh nilai yang paling tinggi terjadi pada 748 jam operasi yaitu 0,007927.

- Mean *Time To Failure* (MTTF):

$$\begin{aligned} t = m = MTTF &= \eta + \gamma \\ &= 673,8 \text{ jam} + 0 \text{ jam} \\ &= 673,8 \text{ jam atau } 674 \text{ jam} \end{aligned}$$

Analisis Perawatan Berbasis Resiko Pada Sistem Pelumas KM. Lambelu

Risk Based Inspection and Maintenance



Gambar 5.
Matriks resiko tiap komponen.

Komponen	Deskripsi <i>Probability of failure (PoF)</i>	<i>Consequence of Failure (CoF) Personnel Safety</i>	<i>Consequence of Failure (CoF) Environment</i>	Tingkat Resiko
Tangki Harian	Beberapa kegagalan terjadi selama beroperasi dan terjadi pada komponen itu sendiri	Major Injury	Local Effect	Menengah (kuning)
Pompa Transfer	Kebanyakan Kegagalan satu/lebih dapat diperkirakan secara bertahap dan mempengaruhi system instalasi	Major Injury	Local Effect	Tinggi (merah)
Filter Duplex	Kegagalan terjadi selama komponen beroperasi dan melewati jam oprasi/perawatan	Major Injury	Local Effect	Menengah (kuning)
Strainer	Kegagalan terjadi selama komponen beroperasi dan melewati jam operasi/perawatan	Major Injury	Local Effect	Menengah (kuning)
Cooler	Kegagalan terjadi selama komponen beroperasi dan melewati jam operasi/perawatan	Major Injury	Local Effect	Menengah (kuning)

Dari tabel di atas komponen yang memiliki tingkat resiko paling tinggi yang dilihat dari hubungan nilai Pof dan Cof matriks resiko yaitu komponen Pompa Transfer sedangkan tangki harian, filter duplex, strainer, dan cooler berada pada tingkat menengah.

<u>Komponen</u>	<u>Tingkat Resiko</u>	<u>Metode Inspeksi</u>	<u>Jadwal Inspeksi (jam)</u>
<u>Tangki Harian</u>	<u>Menengah (kuning)</u>	Visual Check (Periksa kebocoran)	3120 Jam
<u>Pompa Transfer</u>	<u>Tinggi (merah)</u>	Visual Check (periksa kerusakan)	1096 Jam
<u>Filter Duplex</u>	<u>Menengah (kuning)</u>	Visual Check (periksa kerusakan)	103 Jam
<u>Strainer</u>	<u>Menengah (kuning)</u>	Visual Check (periksa kerusakan)	94 Jam
<u>Cooler</u>	<u>Menengah (kuning)</u>	Visual Check (periksa kerusakan)	674 Jam

Dari tabel di atas komponen maka harus dilakukan inspeksi atau perawatan oleh Kru/ABK kapal pada KM. Lambelu sesuai dengan hasil perhitungan *mean time to failure* (MTTF) dan berdasarkan tingkat resiko, dimana tingkat resiko yang paling tinggi harus mendapat pengecekan atau perawatan yang lebih, agar komponen system pelumas KM. Lambelu dapat berfungsi dengan baik dan umur komponen lebih lama.

SIMPULAN

Dari hasil penentuan distribusi kegagalan melalui *software isograph availability workbench 2.1* dan hitungan nilai *Mean Time to Failure* tiap komponen-komponen sistem bahan bakar adalah sebagai berikut: Tangki Harian 3120 jam, Pompa Transfer 1096 jam, Filter Duplex 103 jam, *Strainer* 94 jam, *Cooler* 674 jam operasi dan pompa transfer memiliki tingkat resiko paling tinggi sedangkan komponen yang memiliki tingkat resiko menengah Tangki Harian, Filter duplex, strainer dan Cooler.

DAFTAR PUSTAKA

- Haryono, Eko, *Sistem Instalasi Perpipaan.*, Makassar: Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, 2011.
- Priyanta, Dwi, *Keandalan dan Perawatan*, Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2000.
- Rantetasak, Bernat, *Analisa Perawatan Berbasis Keandalan Sistem Distribusi Minyak Lumas ke Mesin Utama KMP. Bontoharu.* Makassar: Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, 20001.
- Taufik Ahmad , *Analisa Naiknya Temperatur Minyak Lumas pada Mesin Induk Diatas Kapal*, Surabaya .Program Studi Teknika Politeknik Ilmu Pelayaran.
- Assagaf, Iman Pradana, *Manajemen Perawatan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Sistem Pendingin Mesin Utama KM. Ferry Dolosi*, Universitas Hasanuddin.
- Winandi, Aullia, *Reliability Centered Maintenance pada Pompa*, Depok, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2011.
- Juwita Tri , *Perencanaan Jadwal Inspeksi dengan Metode Risk Based Inspection (RBI) pada Boiler di PT. Petro Kimia Gresik.* Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2015.
- Det Norske Veritas, *Risk Based Inspection of Offshore Topsides Static Mechanical Equipment, 2010.*