

ANALISA PERAWATAN SISTEM DISTRIBUSI MINYAK LUMAS BERBASIS KEANDALAN PADA KAPAL KM.BUKIT SIGUNTANG DENGAN PENDEKATAN RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE)

Relinton B Manalu¹, Untung Budiarto¹, Hartono Yudo¹,

¹) Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: Relintonperkapalan@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem Pelumasan KM Bukit Siguntang adalah salah satu sistem yang sangat penting untuk kelancaran pengoperasian kapal disamping sistem lainnya. Kegagalan pada sistem minyak pelumasan menyebabkan sistem tidak beroperasi semestinya dan menyebabkan kegagalan pada mesin induk, jadi dapat menyebabkan kerugian yang besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa sistem pelumasan dengan menggunakan metode keandalan.

Untuk menganalisa sistem tersebut menggunakan analisa kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dengan menggunakan *failure mode and effect analysis(FMEA)* dan *Fault Tree Analysis(FTA)*. Analisis kuantitatif dengan menggunakan metode simulasi montecarlo.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan, beberapa komponen seperti filter, *transfer pump*, *LO pump*, *separator*, *lo cooler*, *lo purifier*, dan tanki mengalami *failure*. Hasil dari simulasi menunjukkan angka *Avaibility* sebesar 0,88 dan *MTTFF(Mean Time To First Failure)* adalah 4444,185 jam. Simulasi menggunakan beberapa skenario,, yang menunjukkan bahwa nilai *avaibility* dari sistem mengalami penurunan jika seluruh komponen standby mengalami kegagalan yang memiliki nilai *avaibility* sebesar 0,702.

Keywords : *Reliability, FMEA, FTA, Monte Carlo Simulation, Avaibility.*

1.Pendahuluan

Oleh karena banyaknya kapal yg beroperasi pada saat ini menyebabkan pihak pemilik kapal harus meningkatkan kinerja kapalnya. Oleh sebab itu perlu ditingkatkan keandalannya melalui usaha perawatan dan pemeliharaan secara berkala. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar peralatan dalam kondisi operasi dan untuk mencegah terjadinya kegagalan operasional pada saat kapal berlayar.

Beberapa bagian pada design kapal yang dapat dianalisa keandalannya adalah :

- Konstruksi kapal
- Sistem permesinan, dan
- Peralatan dikapal (*equipment*)

Salah satu faktor pendukung untuk kelancaran jalannya mesin diesel ini adalah pelumasan, kurangnya pelumasan pada mesin diesel ini akan berdampak pada bagian bagian yang bergesekan karena apabila hal ini terjadi maka akan menyebabkan gangguan pengoperasian kapal. Pelumasan ini sangat berpengaruh terhadap kelancaran kapal. Objek dari penelitian ini dilaksanakan dikapal penumpang KM.Bukit Siguntang milik PT.PELNI(persero) dibuat di galangan Jos

L.Meyer Jerman tahun 1995 dan telah beroperasi hingga sekarang.

KM.Bukit Siguntang memiliki sistem–sistem sebagai penunjang fungsi operasioanal dan pelayanan kapal. Salah satunya adalah sistem yang menunjang kelancaran operasional motor induk sebagai sistem penggerak kapal. Salah satu sistem penunjang motor induk adalah sistem pelumasan. Instalasi sistem pelumasan pada kapal KM.Bukit Siguntang didefinisikan sebagai peralatan untuk mensuplai minyak lumas ke mesin utama dari tangki penyimpanan (*storage tank*) dengan *transfer pump* kemudian menuju tanki edar (*sump tank*) menuju LO.purifier dan dialirkan menuju mesin utama (*main engine*) melalui *second filter* dan *lubrication oil cooler*. Dan temperatur oil keluar dari *cooler* secara otomatis dikontrol pada level konstan yang ditentukan untuk memperoleh viskositas yang sesuai dengan yang diinginkan pada *inlet main diesel engine*. Kemudian *lubrication oil* yang dialirkan ke *main engine bearing* dan juga dialirkan kembali ke *lubrication oil tank* dan begitu seterusnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai MTTFF dari sistem pelumasan KM bukit siguntang dan untuk mendapatkan komponen kritis dari sistem

2. Tinjauan Pustaka

Keandalan adalah probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan [O'CONNOR, 1991]. Terminologi item yang dipakai dalam mendefinisikan keandalan diatas dapat mewakili sembarang komponen, subsistem atau sistem yang dapat dianggap satu kesatuan.

Menurut Charles E. Ebeling (1997) Reliability didefinisikan sebagai probabilitas bahwa sistem (komponen) akan berfungsi selama beberapa periode waktu t . Dalam penelitian ini ada beberapa metode evaluasi keandalan baik secara kualitatif maupun quantitative yang digunakan untuk mengetahui keandalan suatu sistem.

- Analisa Kualitaitaif

Analisa kualitatif adalah suatu analisa yang digunakan untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem berdasarkan analisa kegagalan, sehingga kita dapat melakukan penilaian keandalan berdasarkan data kualitatif serta pengalaman yang sudah ada. Dalam analisa kualitatif untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem sering digunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Menurut Roger D. Leitch, definisi dari failure modes and effect analysis adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari engineer selamaperancangandan pengembangan. Analisa tersebut biasa disebut analisa "bottom up", seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi tingkat awal dan mempertimbangkan kegagalan sistem yang merupakan hasil dari keseluruhan bentuk kegagalan yang berbeda.

Menurut John Moubay, definisi dari failure modes and effect analysis adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap

pelumas juga mendapatkan hasil *avaibility* dari sistem tersebut.

kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya,

- Efek dari kegagalan tersebut,

- Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Output dari *Process FMEA* adalah:

- Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.

- Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.

- Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

Dengan menggunakan metode FMEA, dapat dilakukan pencegahan terjadinya kegagalan dalam produk atau proses, sejak dari tahap awal. FMEA merupakan salah satu langkah *quality management* sekaligus risiko *management*. Hasilnya tidak hanya menurunkan risiko kegagalan, melainkan juga meningkatkan kualitas dari produk/proses.

Fault Tree Analysis (FTA)

Teknik untuk mengidentifikasi kegagalan dari suatu sistem dengan memakai *Fault Tree Analysis* diperkenalkan pertamakali pada tahun 1962 oleh *Bell Telephone Laboratories* dalam kaitannya dengan studi tentang evaluasi keselamatan sistem peluncuran *minuteman missile* antar benua. *Boeing Company* memperbaiki teknik yang dipakai oleh *Bell Telephone Laboratories* dan memperkenalkan program komputer untuk melakukan analisa dengan memanfaatkan FTA baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Fault Tree Analysis (FTA) adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) dari suatu sistem, baik yang

disebabkan oleh kegagalan komponen atau kejadian kegagalan lainnya secara bersama-sama atau secara individu. Setiap sistem rekayasa biasanya memiliki beberapa moda kegagalan (*failure mode*). Hubungan logis antara sebuah moda kegagalan sistem yang dikenal sebagai *Top event* dan sebab-sebab kegagalan dasar (*Basic event*) yang juga dikenal sebagai *Prima event*, digambarkan secara grafis dalam metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

**-Analisa Kuantitatif
Variabel Random**

Dalam melakukan analisa keandalan suatu sistem tidak terlepas akan tersedianya data yang akan diolah. Nilai keandalan suatu komponen akan bergantung terhadap waktu. Untuk itu analisa keandalan akan berhubungan dengan distribusi probabilitas dengan waktu sebagai *variable random*. *Variable random* adalah suatu nilai atau parameter yang akan diukur di dalam pengolahan data. Agar teori probabilitas dapat diterapkan maka kejadian atau nilai – nilai tersebut haruslah *random* terhadap waktu. Parameter kejadian yang akan diukur yaitu misalnya laju kegagalan komponen, lama waktu untuk mereparasi, kekuatan mekanis komponen, adalah variabel yang bervariasi secara *random* terhadap waktu dan atau ruang. *Variable random* ini dapat didefinisikan secara diskrit maupun secara kontinue. [Billinton, 1992].

Distribusi probabilitas dalam analisa keandalan

- **Distribusi Weibull**

Perhitungan metode *Least-SquareCurve Fitting* untuk distribusi Weibull ialah:

$$x_i = \ln(t_i)$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right],$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4}$$

Parameter untuk distribusi Weibull: $\beta = b$, dan $\theta = e^{\left(\frac{-a}{b}\right)}$

Dimana: $i =$ urutan data kerusakan (1,2,3,...,n)

$t_i =$ data kerusakan ke- i
 $n =$ banyak data
 $a =$ *intercept*

$\beta = b =$ parameter

bentuk

$\theta =$ parameter skala

Distribusi Eksponensial

Perhitungan metode *Least-SquareCurve Fitting* untuk distribusi Eksponensial ialah:

$$x_i = t_i$$

$$y_i = \ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right), \quad F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4}$$

Parameter untuk distribusi

Eksponensial: $\lambda = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2}$

Untuk mengevaluasi keandalan secara kuantitatif suatu sistem yang pertama kali harus dilakukan adalah dengan memodelkan sistem tersebut ke dalam blok diagram keandalan. [Billinton, 1992].

Simulasi Monte Carlo

Simulasi montecarlo bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang pengaruh waktu kegagalan dan perbaikan komponen untuk mendapatkan *Availability*. Simulasi yang dilakukan tidak hanya terhadap waktu kegagalan tetapi juga waktu perbaikan baik itu komponen hingga sistem.

Pada penyelesaian analisa kuantitatif ini penulis menggunakan **Program Aplikasi BlockSim 10** untuk mencari nilai ketersediaan (*Availability*) sistem. Pada Program BlockSim menggunakan teknik Simulasi Monte Carlo untuk memprediksi *performance* sistem dan komponen. Program BlockSim adalah *Simulator Availability, Reliability, Maintainability* yang mengijinkan pengguna untuk memprediksi dan mengoptimasi *performance* sistem dan komponen.

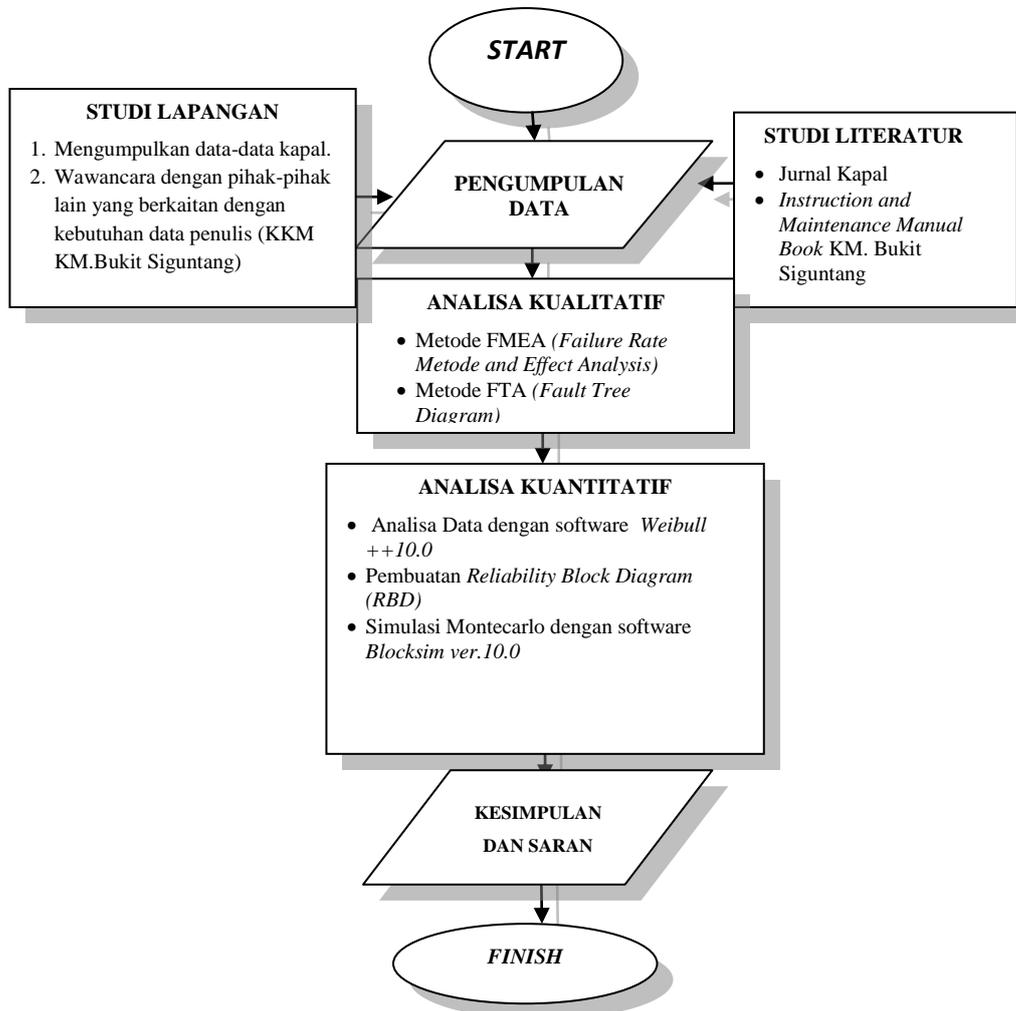
3.METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem diperlukan design sistem atau design awal. Design awal yang dimaksud dalam penelitian ini adalah design sistem minyak lumas motor induk kapal KM. Bukit Siguntang. Dengan adanya design awal sistem minyak lumas maka dapat diketahui komponen yang digunakan pada sistem minyak lumas. Mengingat kapal tersebut telah beroperasi lama, maka perlu adanya pengambilan data sistem minyak lumas yang sekiranya bisa mewakili data jam operasional sistem pada saat sistem mengalami waktu kegagalan dan

reparasi atau perawatan selama periode waktu tertentu guna pengevaluasian keandalan sistem minyak lumas. Dalam hal ini pengambilan data berupa jam operasi dan waktu reparasi

tiap komponen sistem minyak lumas dibatasi dari bulan Januari 2007 sampai Juni 2008.



Gambar 1. Flow chart metodologi penelitian

Data tersebut diambil dari buku Laporan Perawatan Harian KM. Bukit Siguntang sedangkan untuk data spesifikasi kapal dan komponen sistem diambil dari buku *Instruction and Maintenance Manual* dan *TSAR Maintenance System* KM. Bukit Siguntang.

3.2. Analisa Kualitatif

Analisa sistem sistem minyak lumas KM. Bukit Siguntang secara kualitatif dilakukan dengan metode *Fault Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan salah satu metode yang

dipergunakan dalam analisa kualitatif. Metode FMEA lebih menekankan pada *hardware oriented approach* atau *bottom – up approach*, karena analisa FMEA ini menguji level komponen atau kelompok komponen-

komponen fungsional yang memiliki level lebih rendah dan memikirkan kegagalan sebagai hasil dari modus kegagalan (*Failure Modes*) yang berbeda-beda, mengevaluasi sistem dengan mempertimbangkan macam mode kegagalan komponen sistem serta menganalisa dampak atau pengaruh-pengaruhnya terhadap keandalan sistem. Analisa kualitatif dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat dilakukan dengan pembuatan lembar kerja FMEA (*FMEA Worksheet*). FMEA akan

menyajikan bentuk tabel seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya untuk setiap modus kegagalan (*Failure Modes*) dari semua komponen. Penyusunan FMEA dilakukan dengan mereview berbagai komponen, subsistem dan juga mengidentifikasi mode-mode kegagalan, penyebab kegagalan serta dampak atau efek kegagalan yang ditimbulkan untuk selanjutnya digunakan sebagai input dalam lembar kerja FMEA.

Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) suatu sistem. Tahapan menyusun FTA :

- Mendefinisikan problem dan kondisi batas dari sistem.
- Pengkonstruksian *Fault Tree*
- Menentukan *minimal Cut Set*

3.3 Analisa Data

Nilai keandalan suatu komponen atau sistem merupakan nilai kemungkinan/probabilitas dari suatu komponen atau sistem untuk dapat memenuhi fungsinya dalam kurun waktu dan kondisi tertentu yang sudah ditetapkan. Pengambilan data yang telah dilaksanakan berupa sekumpulan data waktu kegagalan (TTF atau *time to failure*) dan waktu reparasi (TTR atau *time to repair*) dari masing-masing komponen suatu sistem akan digunakan dalam menentukan distribusi probabilitas yang sesuai untuk memodelkan komponen yang ada. Dalam melakukan uji kesesuaian (*goodness of fit test*) untuk penentuan distribusi probabilitas pada tiap-tiap komponen tersebut digunakan bantuan software weibull ++ 10.

Simulasi Montecarlo

Simulasi montecarlo bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang pengaruh waktu kegagalan dan perbaikan komponen untuk mendapatkan ketersediaan komponen atau system.suatu komponen atau sistem. Pada penyelesaian analisa kuantitatif ini menggunakan program aplikasi (*software*) **BlockSim Ver 10** yang bertujuan untuk memprediksi nilai *Reliability* dan *Availability* Sistem. Program BlockSim menggunakan teknik Simulasi Montecarlo ini juga bertujuan untuk memprediksi *performance* sistem dan komponen.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Definisi dari sistem pelumasan adalah sistem yang berfungsi untuk mensuplai minyak lumas yang berasal dari service tank menuju *main engine*. Berikut merupakan komponen yang ada pada sistem minyak lumas antara lain *service tank, oil transfer pump, sump tank, lo separator, lo purifier, lo cooler, filter, lo pump* kemudian menuju *main engine*.

Komponen Sistem Minyak lumas

KM. Bukit Siguntang merupakan kapal penumpang yang menggunakan mesin diesel 4 tak dengan minyak lumas Marine Diesel Fuel. Berikut merupakan fungsi masing masing komponen pada sistem pelumasan :

-Tanki Penyimpanan (*Service Tank*)

Merupakan tempat penyimpanan minyak lumas awal sebelum di suplai ke sump tank

-Transfer Pump

Merupakan pompa yang berfungsi untuk memindahkan minyak lumas dari service tank menuju sump tank.pada kapal ini terdapat dua buah transfer pump yang disusun secara *standby*.

-Sump Tank

Tanki yang digunakan sebagai tempat pengendapan kandungan air dan kotoran yang terdapat pada minyak lumas.

-LO Separator

LO Separator merupakan komponen yang berfungsi untuk membersihkan dan memurnikan minyak lumas dari pengaruh kandungan air dan kontaminasi partikel padat. Terdapat dua buah separator yang dipasang secara *standby*.

-LO purifier

Untuk memisahkan minyak lumas dengan air dan zat-zat lain yang tidak diinginkan.

-LO cooler

suatau alat yang digunakan untuk mendinginkan Oli yang keluar dari Mesin Induk atau Mesin bantu dengan pendinginan Air Laut.

-Filter

Komponen yang berfungsi untuk menyaring minyak lumas dari *daily tank* agar minyak lumas yang disuplai ke *main engine* benar benar bersih. Terdapat dua buah filter yang dipasang secara *standby*.

-LO Pump

Merupakan pompa yang berfungsi untuk memompa minyak lumas yang berasal dari *sump tank* menuju *main engine*.

Terdapat dua buah *LO pump* yang dipasang secara *standby*.

Prinsip kerja Sistem minyak lumas pada KM. Bukit Siguntang adalah sebagai berikut : minyak lumas dari *service tank* dipindahkan ke *sump tank* dengan bantuan *transfer pump*. Di dalam *sump tank* minyak lumas diendapkan dari air dan kotoran padat. Setelah itu dialirkan menuju *separator*. Melalui *separator* minyak lumas dimurnikan dan dibersihkan terlebih dahulu dari kandungan air dan kontaminasi kandungan partikel padat. Sebelum menuju *main engine* minyak lumas disaring dan dibersihkan menggunakan *purifier*. Selanjutnya minyak lumas dialirkan menuju main diesel engine melalui *filter* dan *lub oil cooler*. Temperatur oil keluar dari cooler secara otomatis dikontrol pada level konstan yang ditentukan untuk memperoleh viskositas yang sesuai dengan yang diinginkan pada inlet main diesel engine. Kemudian *lub. oil* dialirkan ke *main engine bearing* dan juga dialirkan kembali ke *lub. oil sump tank*. Demikian prinsip kerja sistem minyak lumas KM. Bukit Siguntang.

Analisa Kualitatif

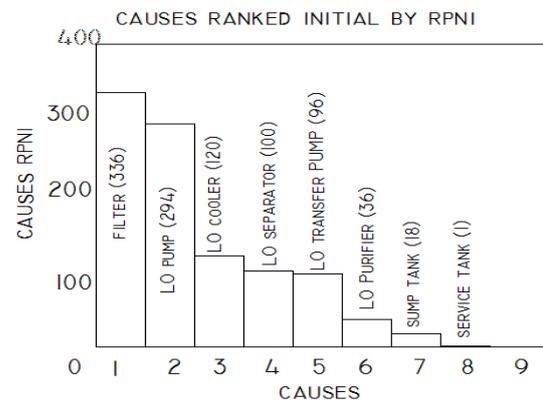
Analisa kuantitatif keandalan sistem minyak lumas KM Bukit Siguntang dilakukan dengan metode *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan metode *FTA* (*Fault Tree Analysis*)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode yang sistematis dalam menganalisa suatu bentuk kegagalan dan penekanannya pada bottom-up approach. Maksud dari bottom-up approach adalah teknik analisa yang dilakukan mulai dari peralatan/ komponen dan kemudian meneruskannya ke dalam sistem yang mempunyai level lebih tinggi. Tujuan dari FMEA adalah mendapatkan komponen yang paling kritis terhadap kegagalan sistem minyak lumas.

Didalam metode FMEA ini hal-hal yang harus dilakukan adalah mereview berbagai komponen, subsistem dan juga mengidentifikasi mode-mode kegagalan, penyebab kegagalan serta efek dan dampak dari kegagalan yang ditimbulkan. Berbagai mode kegagalan beserta dampaknya dapat dituliskan dalam sebuah worksheet FMEA untuk masing masing komponen. Melalui kegagalan ini kita dapat mengetahui nilai RPN dan dapat menentukan komponen kritis dalam sistem minyak lumas. Untuk analisa kuantitatif

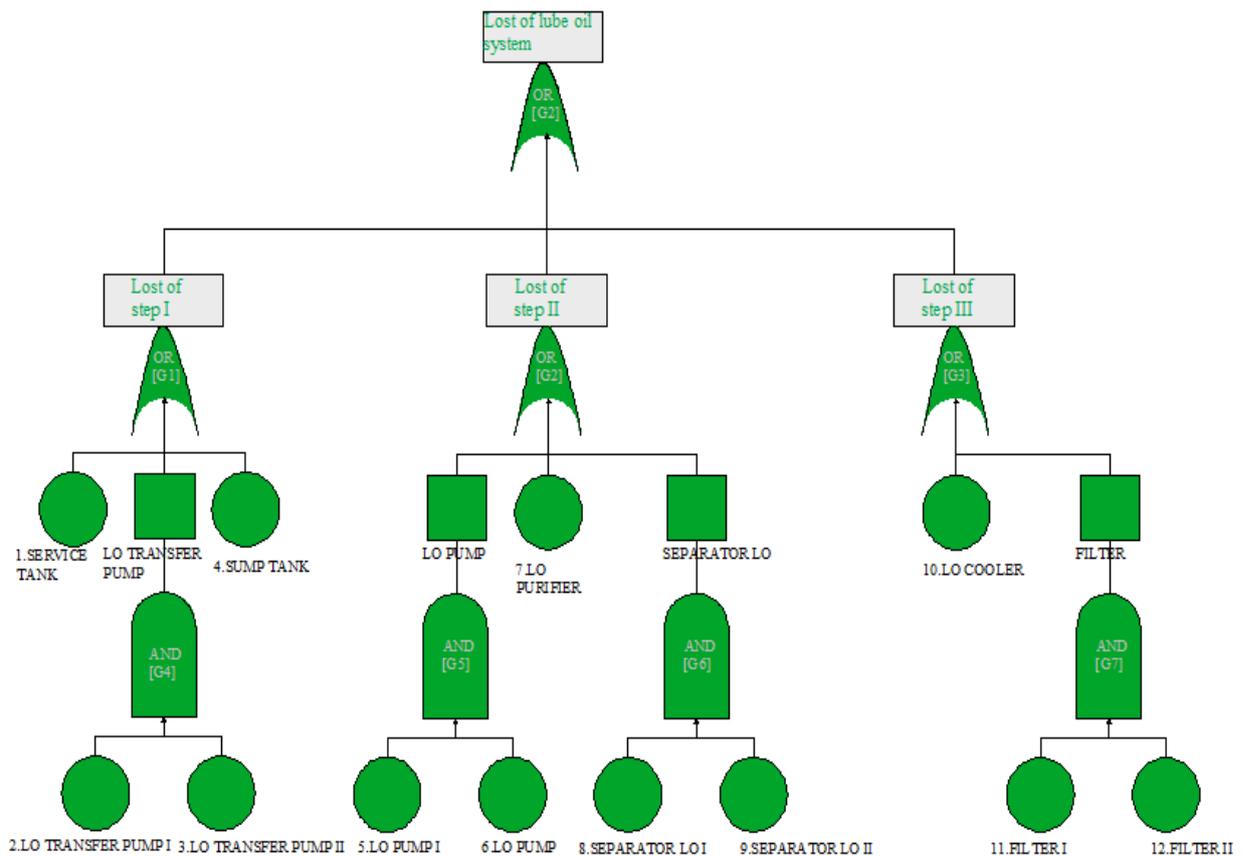
dengan metode FMEA dilakukan dengan menggunakan software XFMEA.



Gambar 2. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi kegagalan (*failure*) dari suatu sistem, baik yang disebabkan oleh kegagalan komponen atau kejadian kegagalan lainnya secara bersama-sama atau secara individu. Setiap sistem rekayasa biasanya memiliki beberapa moda kegagalan (*failure mode*). Hubungan logis antara sebuah moda kegagalan sistem yang dikenal sebagai *Top event* dan sebab-sebab kegagalan dasar (*Basic event*) yang juga dikenal sebagai *Prima event*, digambarkan secara grafis dalam metode *Fault Tree Analysis (FTA)*. Proses pengkonstruksian fault tree ini bersifat *top-down approach* yang artinya analisa diawali dengan mengidentifikasi sebab-sebab terjadinya top event dari level tertinggi sampai pada urutan level terendah yang bisa diidentifikasi dengan menggunakan simbol seperti AND dan OR. Gerbang AND menyatakan bahwa semua kejadian di bawah gerbang tersebut harus terjadi agar kejadian di atas gerbang tersebut terjadi. Sedangkan gerbang OR menyatakan bahwa salah satu saja kejadian di bawah gerbang tersebut harus terjadi agar kejadian di atas gerbang dapat terjadi. Berikut merupakan gambar hasil analisa FTA dari system minyak lumas KM. Bukit Siguntang



Gambar 3 FTA sistem pelumasan

Tabel 1. Cut Set dari Fault Tree sistem

Mechanical Failure			
Step	1	2	3
G1		1	1
		G4	2,3
		4	4
G2		G5	5,6
		7	7
		G6	8,9
G3		10	10
		G7	11,12

Tabel di atas menunjukkan bahwa minimal Cut Set dari Fault Tree sistem minyak lumas KM. Bukit Siguntang adalah : {1}, {2,3}, {4}, {5,6}, {7}, {8,9}, {10}, {11,12} Sehingga sistem memiliki minimum first order {1}, {4}, {7}, {10} dan second order {2,3}, {5,6}, {8,9}, {11,12}

- 1 = Service Tank
- 2 = Transfer Pump 1
- 3 = Transfer Pump 2 (standby)
- 4 = Sump Tank
- 5 = LO pump 1
- 6 = LO pump 2(standby)
- 7 = LO purifier
- 8 = Separator LO 1
- 9 = Separator LO 2(standby)
- 10 = LO cooler
- 11 = Filter 1
- 12 = filter 2 (standby)

Analisa Kuantitatif

Analisa keandalan sistem minyak lumas KM. Bukit Siguntang secara kuantitatif dilakukan dengan analisa data dan pembuatan *Reliability Block Diagram (RBD)* dilanjutkan dengan simulasi Montecarlo.

Untuk menentukan distribusi yang tepat untuk menghitung nilai availability maka dari hasil pada Lampiran B dipilih distribusi yang mempunyai ranking pertama. Karena pada

pengujian distribusi, ranking pertama merupakan distribusi yang sesuai dengan komponen tersebut berdasarkan *time to failure*

dari komponen tersebut. Distribusi tersebut di tunjukan pada tabel :

Tabel 2. Distribusi tiap komponen

KOMPONEN	DISTRIBUSI	LAMDA	BETA	MU	GAMMA	MEAN	STD
TANK	GAMMA	-	-	-	1,61323	-	-
TRANSFER PUMP 1 & 2	G-GAMMA	0.564	-	-	-	6.181	0.069
SEPARATOR LO 1 & 2	3P-Weibull	-	2,676	-	396,9	-	-
FILTER 1 & 2	3P-Weibull	-	2,156	-	110,8	-	-
LO COOLER	Loglogistic	-	-	6,491	-	-	-
LO PURIFIER	G-GAMMA	0.604	-	-	-	6.184	0.072
LO PUMP	G GAMMA	0,062	-	-	-	6,228	0,089

Simulasi Montecarlo

Dalam analisa keandalan sistem minyak lumas pemilihan metode simulasi montecarlo merupakan salah satu cara yang bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif. Sebelum melakukan simulasi montecarlo terlebih dahulu kita harus memodelkan sistem minyak lumas ke dalam block diagram.

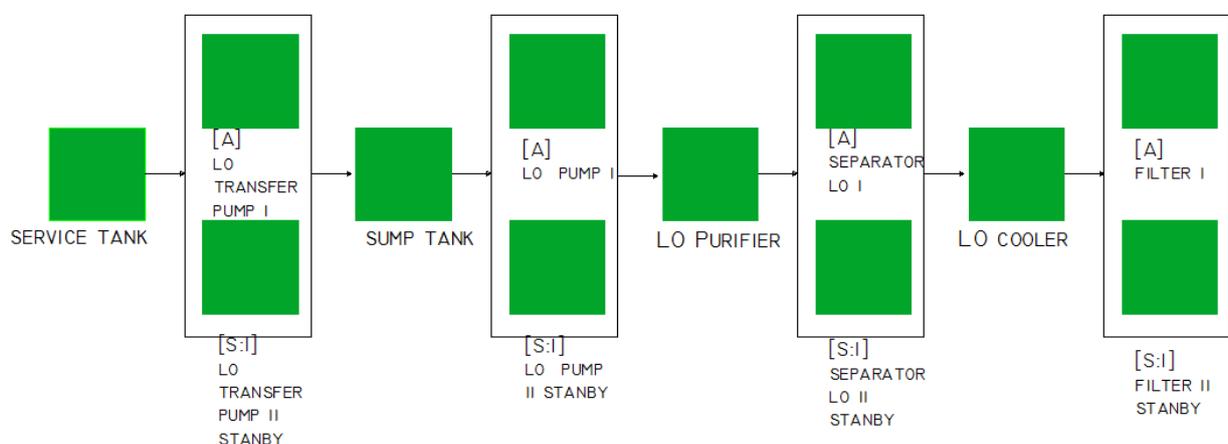
Pengkonstruksian Reliability Block Diagram (RBD)

Sistem minyak lumas KM. Bukit Siguntang adalah sistem yang berfungsi nuntuk memindahkan minyak lumas dari *service tank* menuju ke main engine seperti yang telah diuraikan di atas maka *service tank*, *sump tank*, *lo purifier*, *lo cooler* dapat dimodelkan ke dalam block diagram keandalan dengan susunan seri.

Sedangkan untuk komponen *transfer pump*, *separator*, *filter* dan *lo pump* dapat dimodelkan ke dalam blok diagram keandalan dengan susunan standby. Karena pada komponen tersebut masing-masing dapat menggantikan fungsinya apabila salah satu dari komponen tersebut mengalami kegagalan.

Pada pengkontruksian *Reliability Block Diagram (RBD)* sistem minyak lumas, untuk komponen katup, pipa, dan aliran fluida dianggap normal. Pada komponen yang tersusun secara standby diasumsikan switching berlangsung

sempurna (*perfect switching*). Adapun kontruksi RBD sistem minyak lumas seperti berikut :



Gambar 4. RBD Lube oil System

Proses Simulasi dan Hasil Simulasi

Setelah semua parameter sudah diisi, kemudian proses simulasi dapat dilakukan. Hasil simulasi ini dapat dilihat pada Lampiran D (Hasil Simulasi Monte Carlo). Tabel 3 menunjukkan ringkasan dari hasil simulasi yang telah dilakukan dan gambar 4 .

Tabel.3 Hasil simulasi tiap komponen

NO	Block Name	Mean Av. (All Events)
1	SERVICE TANK	0,999994
2	SUMP TANK	0,999993
3	LO PURIFIER	0,9996
4	LO COOLER	0,899
5	LO PUMP I	0,916
6	LO PUMP II STANBY	0,994
7	LO TRANSFER PUMP I LO TRANSFER PUMP II	0,99998
8	STANDBY	0,99978
9	FILTER I	0,946577
10	FILTER II STANDBY	0,99585
11	SEPARATOR LO I SEPARATOR LO II	0,984343
12	STANDBY	0,99987

Simulasi Dengan Berbagai Scenario Sebagai Alternatif

Proses simulasi sebelumnya merupakan hasil simulasi table61 minyak lumas dengan semua komponen berada pada kondisi yang normal atau active tanpa ada komponen yang mengalami down , baik komponen yang tersusun secara seri ataupun standby

Tabel 4. Hasil skenario sistem pelumasan

SKENARIO																
ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
TP	O	X	O	O	O	X	X	X	O	O	O	X	X	X	O	X
S	O	O	X	O	O	X	O	O	X	X	O	X	X	O	X	X
F	O	O	O	X	O	O	X	O	X	O	X	X	O	X	X	X
LP	O	O	O	O	X	O	O	X	O	X	X	O	X	X	X	X

Keterangan :

- x* = komponen down
- o* = komponen active
- TP = Transfer Pump standby
- S = Separator standby
- F = Filter standby

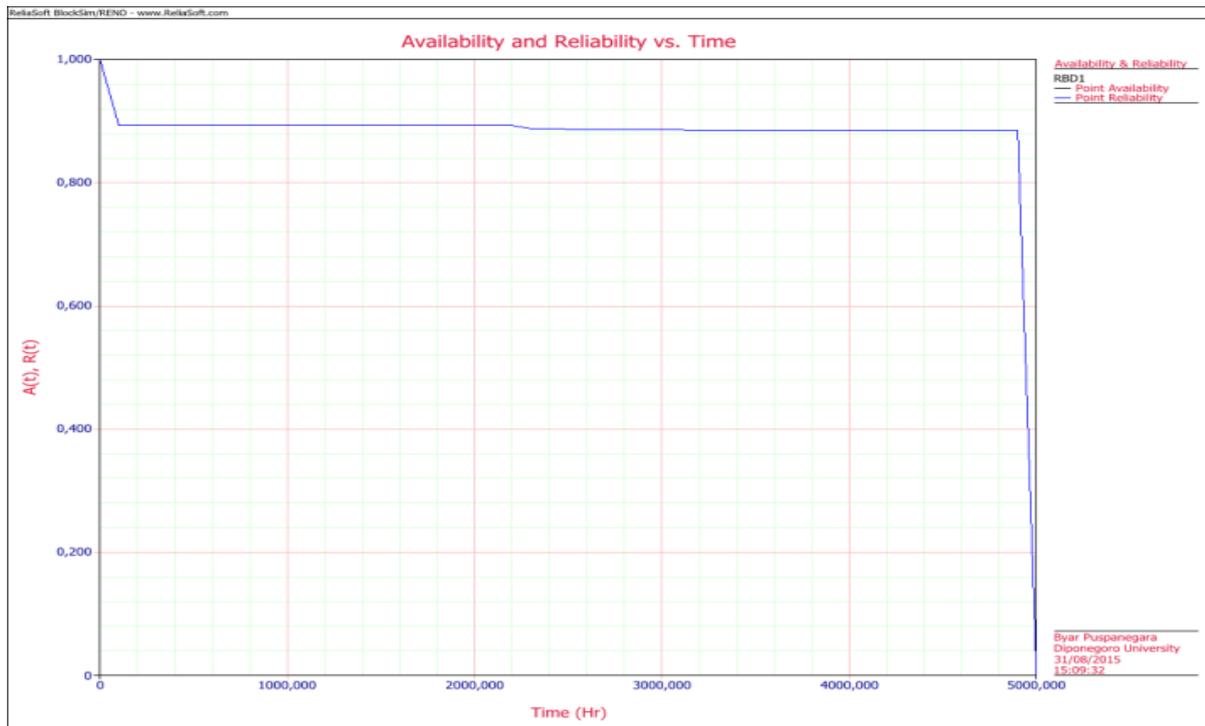
LP = LO Pump standby

Scenario yang dilakukan pada tabel 3 dilakukan dengan simulasi sistem dengan isian parameter seperti perhitungan sebelumnya yaitu end time 5000 jam dan 1000 kali simulasi. Maka hasil simulasi dapat di tulis pada tabel 4.

Tabel 5. Hasil simulasi Skenario alternatif sistem pelumas

SKE NAR IO	POINT AVAILA BILITY	RELIAB LITY (5000)	MTTFF	UPTIME	TOTAL DOWN TIME
1	0,888837	0	4444,19	4439,185	560,815
2	0,87279	0	4363,95	4358,952	641,048
3	0,865842	0	4329,21	4324,209	675,791
4	0,832421	0	4162,1	4157,103	842,897
5	0,799751	0	3998,76	3993,757	1006,24
6	0,881756	0	4408,78	4403,779	596,221
7	0,842956	0	4214,78	4209,781	790,219
8	0,805685	0	4028,42	4023,423	976,577
9	0,82026	0	4101,3	4096,299	903,701
10	0,788921	0	3944,61	3939,607	1060,39
11	0,744431	0	3722,16	3717,157	1282,84
12	0,819569	0	4097,85	4092,847	907,153
13	0,799902	0	3999,51	3994,512	1005,49
14	0,765487	0	3827,44	3822,435	1177,56
15	0,726151	0	3630,76	3625,756	1374,24
16	0,72029	0	3760,15	3755,147	1244,85

Pada grafik Availability dan reliability terhadap waktu menunjukkan bahwa nilai keandalan sistem akan semakin berkurang mendekati nilai nol seiring bertambahnya waktu pengoperasian. Sedangkan nilai availability terhadap waktu tertentu akan berkurang oleh karena itu untuk menjaga nilai ketersediaan sistem maka dilakukan perawatan pada komponen.



Gambar 5. Grafik Availability and Reliability vs time

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan sistem minyak lumas motor induk KM. Bukit siguntang baik dengan analisa kualitatif maupun kuantitatif dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem minyak lumas memiliki komponen yg paling kritis yaitu *filter* dengan nilai RPNi sebesar 336. Level kekritisannya komponen ini ditinjau dari peningkatan *probability* dan *severity* kegagalan komponen pada sistem hasil evaluasi dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
2. Sistem akan berhenti atau gagal menjalankan fungsi jika terjadi kegagalan pada salah satu komponen *service tank, sump tank, lo purifier, lo cooler* atau dua komponen *transfer pump, dua separator, dua filter, dua lo pump* gagal bersamaan. Komponen-komponen tersebut berada dalam *first order* dan *second order* dari evaluasi *Fault Tree Analysis* (FTA).

3. Dengan melakukan simulasi pada sistem selama 5000 jam secara kontinyu dan dilakukan sebanyak 1000 kali Sistem minyak lumas KM. Bukit siguntang memiliki *availability* (ketersediaan) 0.88. Hal ini berarti bahwa 88 % sistem tersebut dalam kondisi baik.
4. Indeks *MTTFF* (*mean time to first failure*) menunjukkan perkiraan kegagalan sistem minyak lumas pertama kali yaitu operasi 4444,185. Hal ini berarti sebelum jam kegagalan harus diadakan kegiatan perawatan dan memastikan komponen dalam keadaan baik sebelum start.
5. Dengan simulasi dari skenario komponen standby maka nilai ketersediaan sistem terendah dihasilkan jika seluruh komponen standby mengalami kegagalan (skenario 16). Hal ini berarti bahwa ketersediaan sistem akan semakin berkurang jika semakin banyak komponen standby mengalami kegagalan pada salah satu komponennya

SARAN

1. Pada komponen kritis sistem minyak lumpur yaitu *Transfer pump, Separator, Filter, Lo pump* perlu diberikan perhatian lebih pada penjadwalan perawatan terhadap komponen sistem dengan memberikan prioritas tertinggi pada komponen yang kritis.
2. Untuk menjaga ketersediaan sistem maka perlu dilakukan perawatan preventif (pencegahan) dan perawatan korektif (perbaikan) sebelum sistem mencapai nilai MTTFF (mean time to first failure) yaitu pada saat sistem beroperasi selama 4444,185 jam.
3. Disarankan kepada perusahaan pemilik kapal untuk dapat mendata dengan baik waktu dan jumlah perbaikan maupun kerusakan setiap komponen dalam suatu sistem dalam periode tertentu, sehingga perilaku sistem yang ada di atas kapal dapat diprediksi serta selalu memperhatikan segi perawatan atau pemeliharaan komponen pada setiap sistem yang ada di atas kapal, karena hal tersebut sangat menentukan keandalan dari suatu kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, Ruysdi, 2009 “*Manajemen perawatan sistem permesinan kapal dengan pendekatan Reliability Centered Maintenance*”. Tugas Akhir, UNHAS.
- Baharuddin, Zulkifly, 2009, “*Analisa perawatan berbasis keandalan sistem distribusi minyak lumpur mesin utama KMP Bontoharu*”. Tugas Akhir, UNHAS.
- Billinton. R. and Ronald N. Allan [1992], *Reliability Evaluation of Engineering System Concepts and Technique*. 2nd edition. Plenum Press, New York and London.
- Boentarto, 1992. *motor bensin*, Yogyakarta
- Donsantosa. 2009, *Manajemen operasi*
- Dwi Cahyo, Indro, *Analisa reliability akibat modifikasi jumlah power pack pada sistem hydraulic permesinan geladak pada MV.SIRENA*, Tugas Akhir UNDIP
- Eko Sasmito H dan Untung B, 2008, *analisa keandalan sistem minyak lumpur motor induk pada KM.LEUSER*, UNDIP
- Endrodi, MM. 2002. *Motor Diesel Penggerak Utama*, BPLP, Semarang

- HENLEY, E.J dan H.KUMAMOTO, 1981, *Reliability Engineering and Risk Assesment*, New Jersey : Prentice Hall
- Høyland, Arnjlot and Marvin Rausan. 1994, *system reliability/Theory Models and Statistical Methods*, John Willey & son, inc
- O’Cornor, D, T, Patrick (1991), *Practical Reliability Engineering*, 3rd edition, John Willy and Son Ltd.
- Setiyabudi, Tomy. 2008, *analisis faktor faktor yang mempengaruhi temperatur di dalam ruangan pendingin tidak dapat mencapai suhu yang diinginkan di MT.SINAR MAS*, Tugas Akhir PIP Semarang
- Tahril, Mohammad. Suprawahrdana, Salman dan Purwanto, Teguh. 2010, *Penerapan metode Reliability Centered Maintenance berbasis web pada sistem pendingin primer di reaktor serbaguna GA.Siwabessy*, Tugas Akhir UGM.