

Penerapan Metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) Pada Sistem Bahan Bakar (*Fuel Oil System*) Kapal TB.BLORO 10

Mukhsin Al Amin¹, Nurvita Arumsari^{2*}, Endah Wismawati³, Icuk Kurniawan⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

⁴Departemen Repair and Maintenance, PT. Rusianto Bersaudara

Email: mukhsinal@student.ppns.ac.id¹; arum@ppns.ac.id^{2*}; endahw@ppns.ac.id³; icuk12ik@gmail.com⁴;

Abstract- *Main Engine is one of the important compartments on the ship which is located in the engine room. Has a function as a propulsion driver and as the main propulsion engine of the ship. With such an important position, scheduling maintenance on the Main Engine is very important to do. Because if the main engine is not running, then there will be no operation of the propulsion system on the ship and it will definitely be very detrimental to the ship owner. This final project attempts to answer these demands by creating a maintenance schedule for the main engine fuel system. In addition, the total operating costs which consist of running, maintenance and downtime costs will also be taken into consideration in determining the maintenance time. In this research, scheduling of main engine maintenance is carried out using reliability centered maintenance which is used to select, develop, and create alternative maintenance strategies based on operational, economic and safety criteria. Based on the failure analysis using Failure Mode Effect Analysis, several component failures were identified, such as the fuel injection pump (worn drive shaft, worn governor plunger, fuel gear pump lacking lubrication), injector nozzle (damaged nozzle tip, burrel plunger seal, M/E performance was not optimal), gate valve (nut valve difficult to operate, disk valve has a leak, gasket on valve), fuel oil transfer pump (bearing wear, pump impeller corrosion, shaft corrosion), swing check valve (crusted disk valve, valve gasket), fuel filter (dirty fuel filter), quick closing valve (crusted disk valve, gasket valve).*

Keyword : *Main Engine, scheduling maintenance, ship.*

Nomenclature

f(t)	fungsi padat peluang selama jangka waktu proses (pdf)
t	waktu
λ	parameter distribusi
β	shape parameter
η	scale parameter
μ	rata-rata
σ	standar deviasi

1. PENDAHULUAN

TB. Bloro 10 adalah salah satu kapal tugboat yang dimiliki oleh salah satu perusahaan pelayaran yang ada di Kalimantan Timur. Kapal ini merupakan jenis Towing Tugboat yang berfungsi sebagai penarik kapal lain dari daerah satu ke daerah lainnya. Pada TB. Bloro 10 bertugas menarik kapal tongkang 300 feet memuat batu bara dari Muara Bunyut menuju Muara Berau dengan bertenaga dua unit Main Engine bermerk Cummins Diesel Engine KTA 38 M2 1200 HP dengan total 2400 HP. Dalam memenuhi perjalanan dari Muara Bunyut menuju Muara Berau Tersebut kapal TB. Bloro 10 dituntut tidak adanya trouble saat perjalanan pada

Main Engine dan yang paling penting pada sistem bahan bakar (Fuel Oil System). Di dalam sistem bahan bakar terdapat beberapa komponen yang menunjang sistem agar dapat berjalan dengan baik yaitu Fuel Oil Transfer Pump, Fuel Injection Pump, Injector Nozzle, Fuel Filter, Gate valve, Quick Closing Valve, dan Non Return Valve apabila salah satu komponen mengalami masalah maka seluruh sistem akan berhenti. Penelitian ini akan merancang kegiatan pemeliharaan yang tepat dengan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM)(1). Reliability-Centered Maintenance (RCM) adalah pemeliharaan terencana dan lebih proaktif untuk menghindari kegagalan sistem. Oleh karena itu, diharapkan penggunaan metode RCM dapat memberikan kegiatan perawatan yang optimal pada sistem bahan bakar mesin induk dalam hal keandalan sistem [2].

Komponen Fuel Oil Transfer Pump, Fuel Injection Pump, Injector Nozzle, Fuel Filter, Gate valve, Quick Closing Valve, dan Non Return Valve yang sering mengalami kerusakan diidentifikasi penyebab kegagalannya agar mendapatkan rekomendasi perancangan kegiatan

pada setiap komponen berguna untuk menurunkan tingkat breakdown, downtime mesin.

2. METODOLOGI

2.1 Perhitungan Reliability Komponen

Perhitungan *reliability* komponen berfungsi untuk mendapatkan waktu keandalan komponen, dengan menggunakan distribusi-distribusi seperti dibawah ini [3]:

1. Distribusi Eksponensial

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Fungsi keandalannya adalah

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(u) du = e^{-\lambda t}$$

2. Distribusi Weibull

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

Fungsi keandalannya adalah

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

3. Distribusi Normal

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp -\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2$$

Fungsi keandalannya adalah

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\tau-\mu}{\sigma}\right)^2} dt = 1 - \Phi \left(\frac{\tau-\mu}{\sigma}\right)$$

4. Distribusi Lognormal

$$f(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

Fungsi keandalannya adalah

$$R(t) = \int_0^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - T'}{\sigma}\right)^2} dt$$

2.2 Analisis Reliability Centered Maintenance

Penyusunan Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan proses yang kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing failure mode[4]. Tujuan Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah mengklasifikasikan failure mode kedalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan penanganan masing-masing failure mode berdasarkan kategorinya. Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan sebagai berikut[5]:

a. Hidden Failure Consequence

Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal[6].

b. Safety Consequence

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang

c. Environmental Consequence

Kegagalan mempunyai konsekuensi lingkungan apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar lingkungan perusahaan, wilayah, nasional atau internasional[7].

d. Operational Consequence

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti

hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan dalam perbaikan[2].

2.3 Failure Mode Effect Annalysis

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) meliputi pengidentifikasian yaitu:

a. *Failure Cause*: penyebab terjadinya failure mode

b. *Failure effect*: dampak yang ditimbulkan failure mode, failure effect ini dapat ditinjau dari 3 sisi level yaitu:

- Komponen / local
- Sistem
- Plant

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Reliability

1. Uji Distribusi Data Time To Failure

Sebelum dilakukan perhitungan reliability pada komponen, perlu dilakukan uji distribusi data untuk mengetahui jenis distribusi data kegagalan pada komponen fuel oil system. Yang dilakukan adalah pengujian distribusi data dengan tingkat kesalahan (α) sebesar 0.05 maka diperoleh keputusan distribusi yang diuji cocok dengan distribusi data, apabila p-value yang terhitung lebih besar dari 0.05. Adapun contoh hasil running dimana nilai AD (Anderson Darling) diambil paling kecil dan p-value diambil paling besar.

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	0,257	0,569	
Box-Cox Transformation	0,189	0,825	
Lognormal	0,402	0,238	
3-Parameter Lognormal	0,273	*	0,290
Exponential	1,727	0,012	
2-Parameter Exponential	0,899	0,040	0,003
Weibull	0,239	>0,250	
3-Parameter Weibull	0,207	>0,500	0,804
Smallest Extreme Value	0,207	>0,250	
Largest Extreme Value	0,439	0,249	
Gamma	0,367	>0,250	
3-Parameter Gamma	2,317	*	1,000
Logistic	0,231	>0,250	
Loglogistic	0,337	>0,250	
3-Parameter Loglogistic	0,231	*	0,354

Tabel 3.1 Pemilihan Distribusi

Komponen	Nilai AD (Anderson Darling)	P-Value	Distribusi Terpilih
Fuel Injection Pump	0.207	>0.500	3 parameter weibull
Fuel Oil Transfer Pump	0.185	0.853	Normal
Injector Nozzle	0.850	0.083	2 Parameter Exponential

Tabel 3.2 Pemilihan Distribusi (Lanjutan)

Komponen	Nilai AD (Anderson Darling)	P- Value	Distribusi Terpilih
Fuel Filter	0.492	0.210	Smallest Extreme Value
Gate Valve	0.355	0.291	Normal
Non Return Valve	0.162	>0.500	3 Parameter Weibull
Quick Closing Valve	0.221	0.704	Normal

2. Perhitungan Reliability

Dari hasil perhitungan nilai reliability didapatkan hasil seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.3 Perhitungan Reliability

Komponen	Nilai Reliability	Waktu Keandalan Komponen (Jam)
Fuel Injection Pump	0.607	3420
Fuel Oil Transfer Pump	0.662	2160
Injector Nozzle	0.630	820
Fuel Filter	0.601	920
Gate Valve	0.606	2760
Non Return Valve	0.606	3580
Quick Closing Valve	0.602	3620

3.2 Analisis Reliability Centered Maintenance

1. System Function

Pada bagian ini dijelaskan fungsi sistem yang berkesinambungan antara satu komponen dengan komponen lainnya dengan menggunakan fungsional block diagram. Functional Block Diagram (FBD) digunakan untuk menggambarkan beberapa fungsi komponen dalam satu kesatuan blok yang saling berhubungan antara fungsi komponen satu dengan komponen lainnya hingga membentuk satu kesatuan fungsi sistem kerja. Masing-masing komponen dapat dihubungkan dengan blok - blok lainnya dengan menggunakan garis penghubung.

Pada diagram ini akan diketahui proses pendistribusian bahan bakar dari fuel oil tank hingga menuju ke main engine seperti FBD sistem bahan bakar menunjukkan bahwa proses pendistribusian dimulai dari fuel oil tank sebagai tempat penampungan kebutuhan bahan bakar selama kapal beroperasi dalam tripnya. Fuel oil transfer pump akan beroperasi untuk menyalurkan

bahan bakar menuju daily tank, saat gate valve posisi terbuka sehingga bahan bakar dapat mengalir menuju daily tank yang berfungsi sebagai penampung bahan bakar saat operasional harian. Setelah bahan bakar berada di daily tank , bahan bakar dialirkan melewati quick closing valve yang berfungsi sebagai alat safety ketika ada kebakaran di main engine maka valve ini memutuskan aliran bahan bakar yang menuju main engine secara cepat.

Bahan bakar melalui gate valve dan fuel oil filter untuk penyaringan bahan bakar dari kotoran-kotoran yang masih terbawa sehingga pada saat masuk melalui fuel injection pump tidak ada masalah tersumbatnya bahan bakar. Fuel injection pump telah mendapatkan aliran bahan bakar lalu di pompa dan di salurkan menuju injector nozzle yang berfungsi untuk mengkabutkan bahan bakar didalam ruang bakar main engine sehingga main engine dapat beroperasi.

Bahan bakar sisa pembakaran dialirkan kembali menuju daily tank sebelum menuju daily tank bahan bakar melewati non return valve merupakan katup searah agar bahan bakar yang sudah keluar dari main engine tidak dapat kembali masuk dalam main engine.

2. Failure Mode Effect Analysis

Setelah penyusunan Functional Block Diagram telah dilakukan, tahap selanjutnya dilanjutkan dengan menentukan kegagalan fungsi, modus kegagalan, dan efek kegagalan fungsi dari tiap-tiap komponen. Analisis menggunakan FMEA untuk menjelaskan fungsi komponen didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan oleh suatu komponen untuk memenuhi standar kinerja yang diharapkan.

Modus kegagalan didefinisikan sebagai ketidak mampuan komponen dalam menjalankan fungsi sehingga tidak dapat memenuhi standar kinerja yang diharapkan.

Modus kegagalan didefinisiakn sebagai kejadian-kejadian yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan kegagalan fungsi. Efek kegagalan didefinisikan sebagai dampak dari failure yang terjadi. Sesuai diskusi dengan pihak Departemen Repair and Maintenance di salah satu perusahaan pelayaran dikalimantan, keempat hal tersebut dimasukkan ke dalam tabel Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk masing-masing komponen sistem bahan bakar. Data pada FMEA ini berdasarkan pada report maintenance yang terjadi pada saat dilakukan perawatan corrective.

Tabel 3.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Fuel Injection Pump

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)						Fuel Injection Pump	
N O	Fungsi (Function)	Fungsi Kegagalan (Functional Failure)			Mode Kegagalan (Failure Mode)		Efek Kegagalan (Failure Effect)
		1	A		1	A	
1	Memompa bahan bakar dalam tekanan tinggi untuk suplai menuju ke <i>injector nozzle</i>	1	A	<i>Fuel Injection Pump</i> tidak dapat mendistribusikan bahan bakar menuju <i>injector nozzle</i>	1	<i>Drive Shaft</i> Aus	Kondisi <i>main engine</i> bisa dinyalakan namun tidak bisa di <i>running</i> dikarenakan distribusi bahan bakar menuju <i>Nozzle</i> tidak maksimal. Tindakan KKM : <i>Shutdown main engine</i>
							Tindakan <i>maintenance</i> : Dilakukan perbaikan dan kalibrasi <i>fuel injection pump</i> . Lama perbaikan : 60 Jam
					1 A 2	<i>Plunger Governor</i> Aus	Tidak bisa nyalanya <i>main engine</i> dikarenakan part tersebut rusak dan bahan bakar tidak bisa terdistribusi menuju <i>injector</i> . Tindakan KKM : <i>Shutdown Main Engine</i> Tindakan <i>maintenance</i> : Dilakukan penggantian <i>part</i> dan kalibrasi <i>fuel injection pump</i> . Lama perbaikan : 96 Jam
					1 A 3	<i>Fuel Gear Pump</i> kurang pelumasan	Pada saat operasional terjadi <i>noise</i> yang berlebih pada <i>fuel injection pump</i> . Tindakan KKM : <i>Shutdown Main Engine</i> Tindakan <i>maintenance</i> : Dilakukan pengecekan dan <i>Fuel Gear Pump</i> di servis. Lama perbaikan : 84 Jam

3. Failure Consequence

Decision worksheet pada metode RCM II digunakan untuk menentukan dampak kegagalan dan tindakan pencegahan yang dilakukan serta interval waktu yang dilakukan untuk melakukan tindakan pencegahan. RCM II decision worksheet terdiri dari beberapa kolom, yakni terdapat kolom information reference yang mengacu pada FMEA, kolom consequence evaluation merupakan konsekuensi yang ditimbulkan karena terjadinya kegagalan fungsi, lalu kolom proactive task dan default action merupakan penentuan tindakan yang akan dilakukan, kemudian kolom proposed task merupakan tindakan perencanaan.

RCM Decision Worksheet														
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task
							S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	1A	1A1	N	Y	N	Y	Y	N	N				Pengecekan secara berkala pada komponen <i>Fuel Injection Pump</i> dan dilakukan <i>record</i> pada saat pengecekan kondisi yang telah dilihat seperti apa	
1	1A	1A2	Y	Y	N	Y	Y	N	N				Inspeksi dan dilakukan kalibrasi pada <i>main hours</i> tertentu.	
1	1A	1A3	N	Y	N	Y	Y	N	N				Inspeksi dan pemberian pelumasan secara rutin.	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan reliability dan analisis menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) pada kapal TB.Bloro 10 maka didapatkan kesimpulan Keandalan komponen dengan nilai waktu keandalan terlama yaitu komponen Quick Closing Valve dengan waktu keandalan 3620 jam dan yang terkecil yaitu Fuel Filter dengan waktu keandalan 820 jam. Dan didapatkan pemilihan perawatan schedule on condition task pada failure mode Drive shaft Aus , Plunger Governor Aus , Fuel Gear Pump Kurang Pelumasan , Tip Nozzle Rusak , Performas M/E tidak maksimal , Nut Valve sulit di operasikan , Disk Valve Leak , Bearing Aus , Shaft korosi , Disk Valve berkerak , Fuel Filter Kotor , Disk Valve berkerak. Dan Scheduled restoration pada failure mode Seal Burrel Plungger , Gasket Gate valve , Gaskeet Swing Cek Valve.

5. PUSTAKA

- [1]An Introduction To Reliability and Maintainability Engineering
- [2]Kusnadi K, Wahyudin W, Nugraha B. Usulan Kebijakan Pemeliharaan Mesin Untuk Mengurangi Frekuensi Breakdown Menggunakan Reliability Centered Maintenance. Infotekmesin. 2020;11(2):158–65.
- [3]Priyanta D. Keandalan dan perawatan, Surabaya: Teknik Sistem Perkapalan. Teknol Kelaut. 2000;2(March):1–12.
- [4] Sajaradj Z, Huda LN, Sinulingga S. The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review). IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2019;505(1).
- [5] Smith AM, Hinchcliffe GR. RCM: Gateway to World Class Maintenance. RCM: Gateway to World Class Maintenance. 2003. 1–336 p.
- [6] Raharja IP, Suardika IB, Galuh W H. Analisis Sistem Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Cv. Jaya Perkasa Teknik. Ind Inov J Tek Ind. 2021;11(1):39–48.
- [7] Sari R. Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (Studi Kasus: PLTU Paiton Unit 3). J Tek ITS [Internet]. 2017;vol 6(1):23–124.
- [8] NASA. RCM Guide For Facilities and Collateral Equipment. Natl Aeronaut Sp Adm
- [9]Darmawan A, Rapi A, Ali S. Analisis Perawatan Untuk Mendeteksi Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator 390D. J Ilm Tek Ind. 2017;15(2):109.
- [10] Adam T. Perencanaan Perawatan Mesin Thicknesser Dengan Metode Reliability

Centered Maintenance (RCM) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)(Studi Kasus: UD. Den Bagus). 2019;5–12.