

## **ANALISA PEMELIHARAAN SEA WATER SYSTEM MPK MTU 16V956TB92 PADA KRI FPB57 DENGAN PENDEKATAN *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE***

Purwanto, Budisantosa wirjodirjo, Amarulah Octavian

Program Studi Analisa Sistem dan Riset Operasi,  
Direktorat Pascasarjana Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut  
Email : [purwanto123@gmail.com](mailto:purwanto123@gmail.com)

### **ABSTRACT**

Maintenance management is required and has a very vital role for a KRI types FPB57, considering the type KRI is one Alutsista Navy who have a high frequency activity, as well as the broad range of operations support capabilities are varied so that the automatic machine is also high activity and ultimately accelerate the process decreased reliability.

Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) that aims to provide optimal care activities when viewed in terms of cost minimization. In the method RCM includes qualitative analysis with Methodology Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) is a widely recognized tool for the study and analysis of the reliability of the design or process. At this writing considering the life time of the machine and the elements therein specifically the components of the sea water system has had a lifetime of more than 25 years, because it can be said that the components have entered a wear out.

Based on the steps Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) through the calculation of Risk Priority Number (RPN), so we can determine the critical components of acquired chances damage that has critical component is Water Seal, Slip Ring Seal, Water chamber, Gasket Water Chamber, Cooler Core, Flat tube Element, and Gasket Flat tube element. These components if damaged can lead to engine breakdown.

The decrease in maintenance costs occurred in the components of water seal in the sea water pump in the amount of € 16,133 or Rp. 241.995 on presentage 35,81%, with optimal treatment interval every 761,794 operating hours which at first had 1112,986 maintenance intervals every hour. Reliability increased from 0,44 to 0,88 into operation. In the next sequence occurs in the component flat tube element, element gaskets flat tube, slip ring seal, water chamber, followed by a water chamber gasket component.

Keywords: Failure Modes and Effect Analysis (FMEA), Risk Priority Number (RPN), Reliability Centered Maintenance (RCM), Alutsista.

### **1. Pendahuluan**

Kapal perang yang merepresentasikan kekuatan dan kemampuan TNI Angkatan Laut untuk dapat menjaga kedaulatan negara di wilayah yurisdiksi laut sehingga harus dapat memproyeksikan kekuatannya untuk mengendalikan laut. Kekuatan KRI salah satunya tercermin dari kecepatan dalam berolah gerak yang didukung oleh sistem pendorongan yang handal. Dengan kecepatan yang tinggi mampu untuk melaksanakan pengejaran terhadap pelaku kegiatan illegal di laut dan operasi SAR (*Search And Rescue*) dalam masa damai serta mampu melakukan maneuver dengan cepat untuk menghindari ataupun melakukan penyerangan terhadap musuh dalam kondisi perang.

Menentukan langkah yang tepat untuk melaksanakan perawatan guna mencegah kerusakan bukan suatu hal yang mudah. Langkah tersebut perlu disinergikan antara persyaratan teknis dan strategis manajemen (Sachdeva, et all, 2009). Penentuan komponen kritis dan interval waktu penggantian komponen yang rusak/gagal fungsi dengan menggunakan metode FMEA merupakan hal yang penting dalam penulisan ini, agar *engine* KRI tidak mengalami *breakdown* saat melaksanakan operasi laut.

Penelitian yang dilakukan oleh Mokashi (2002). Pada kapal *Marine policy* melaksanakan penelitian tentang "*A study of reliability-centred maintenance in maritime operations*" Biaya pemeliharaan merupakan bagian signifikan dari biaya operasional secara keseluruhan dalam pengoperasian kapal. Pemeliharaan akan berpengaruh terhadap keandalan, memiliki konsekuensi terhadap lingkungan dan keselamatan. Kerusakan pada kapal yang terjadi secara tiba-tiba dapat membahayakan keselamatan. Penggunaan RCM untuk penghematan waktu yang

cukup besar dan kegiatan ini juga dapat dicapai dengan menggunakan logika terbalik dari mode kegagalan yang terjadi digunakan untuk menganalisis pemeliharaan yang seharusnya dilaksanakan.

## 2 **Reliability Centered Maintenance (RCM)**

Pada awal tahun 1950-an Reliability Centered Maintenance (RCM) diterapkan untuk pengelolaan pemeliharaan mesin pada industri pesawat terbang. Khususnya tahun 1960 FAA memulai program keandalan telah di mulai untuk merespon kenaikan biaya perawatan, ketersediaan suku cadang yang rendah dan tanggap terhadap efektifitas *traditional time base maintenance* (Moubray, 1997).

Perkembangan *Reliability Centered Maintenance* (Moubray, 1997):

- 1950 Pendekatan pemeliharaan tradisional untuk pesawat sudah tidak memadai setelah perang dunia II.
- 1960 FAA membuat keandalan di industri pesawat terbang melalui *Manufacturer Maintenance Steering Group* (MSG)
- 1970 MSG 1 diterapkan terhadap Boeng 747 & MSG 2 terhadap DC-10, L-1011
- 1980 RCM dipakai oleh United Airline MSG 3 diterapkan di B-757 & B-767
- 1990 RCM diterapkan di industri nuklir dan berbagai macam industri

Kegagalan peralatan dan proses selalu terjadi sebagai perubahan alamiah dari hukum alam. Sebagai hasil dari studi keandalan pesawat terbang, pandangan tradisional mengenai mode kegagalan suatu peralatan pada generasi pertama mulai ditinggalkan sebelum generasi perang dunia kedua dan mode kegagalan generasi kedua tertantang setelah perang dunia kedua.

Untuk menghadapi isu ini, kegiatan pemeliharaan telah dihadapkan pada empat tantangan :

- a. Untuk melakukan secara efektif terhadap masing-masing proses kegagalan dengan taktik pemeliharaan yang memadai.
- b. Untuk meningkatkan produktifitas pemeliharaan dengan bergerak mendekati lebih proaktif dan pendekatan terencana.
- c. Untuk memperpanjang waktu antara jadwal *shutdown*.
- d. Untuk memastikan dukungan yang aktif dan kerjasama orang dari *maintenance, operation* dan *engineering*.

RCM dapat di definisikan sebagai suatu struktur proses logis untuk mengembangkan dan mengoptimalkan pemeliharaan dari sumber aset fisik di dalam konteks operasi. RCM pada dasarnya adalah metodologi penyeimbang keandalan pada persepsi :

- a. Suatu kegagalan adalah kondisi yang tidak memuaskan dan perawatan adalah untuk mencegahnya.
- b. Konsekuensi kegagalan adalah menentukan prioritas usaha pemeliharaan.
- c. Redudansi peralatan harus dieliminasi.
- d. Taktik *condition-based* atau *predictive maintenance* lebih disukai dibandingkan *traditional time base*.  
*Run to failure* bisa diterima.

RCM dikembangkan sebagai metodologi strategis untuk rencana efektifitas biaya pemeliharaan dengan cara mengidentifikasi :

- a. Apa yang diinginkan pemakai atau pemilik terhadap peralatan atau aset.
- b. Apa yang dapat dilakukan oleh peralatan.
- c. Dengan jalan apa peralatan mungkin akan gagal memenuhi harapan.
- d. Apa yang dapat dilakukan untuk memastikan peralatan memenuhi harapan dengan cara yang aman dan biaya yang efektif.

Karena kompetisi bisnis yang semakin ketat, maka biaya pemeliharaan menjadi sorotan perusahaan, sehingga aspek biaya harus menjadi pertimbangan dalam perencanaan pemeliharaan. Kualitas RCM tergantung dari tingkat kompetensi anggota dalam organisasi pemeliharaan, oleh karena itu kegagalan dalam melaksanakan proses analisa sangat berpengaruh terhadap interval pemeliharaan yang menyebabkan sehingga terjadi pemborosan.

Menurut Salih (2015) kebijakan pemeliharaan untuk komponen yang mempunyai kegagalan stokastik, dijabarkan dan diselesaikan dengan model matematis untuk setiap perumusan kebijakan.

Dua dasar dari *preventive maintenance* yang diusulkan oleh Barlow dan Hunter (3). Merupakan perawatan yang berbasis pada umur pakai dan dengan kebijakan penggantian dengan interval yang konstan. Pada bagian ini notasi yang diperlukan untuk perumusan model adalah :

- $UC(t_p)$  = biaya perbaikan per unit per waktu
- $C_p$  = biaya *preventive maintenance*
- $C_f$  = biaya jika terjadi kegagalan
- $R(t_p)$  = keandalan sistem
- $(1-R(t_p))$  = probabilitas kerusakan
- $M(t_p)$  = distribusi kerusakan
- $f(t)$  = *probability density function*

kebijakan I : *preventive maintenance* dengan cara penggantian dilakukan sesuai jadwal tidak menunggu kegagalan :  $t_p$  bisa terbatas atau tak terbatas. Pada kasus yang tak terbatas penggantian  $t_p$  dijadwalkan, jika sistem gagal sebelum waktunya, dilakukan penggantian dan perawatan preventif selanjutnya dijadwalkan ulang. Dalam kebijakan ini diasumsikan sistem seperti baru setelah dilakukan perawatan. Kebijakan ini cocok untuk peralatan yang sederhana atau unitnya kecil.

Kebijakan II : peralatan gagal sebelum perawatan yang direncanakan. Untuk menentukan  $t_p$  yang optimal dimana biaya perbaikan per unit waktu ditunjukkan pada persamaan 2.54.

$$M(t_p) = \int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt / [1 - R(t_p)]$$

$$UC(t_p) = \frac{C_p R(t_p) + C_f [1 - R(t_p)]}{t_p R(t_p) + M(t_p) [1 - R(t_p)]}$$

$UC(t_p)$  adalah fungsi dari suatu variabel tak hingga, dimana  $t_p$  ditentukan dengan melakukan pencarian dengan menggunakan metode *golden section*, metode beda Newton atau dengan menggunakan *excel solver*, akan diketahui perawatan yang paling baik.

No	Bagian/ Fungsi	Failure Mode	Failure Effect
1.	Raw Water Pump	Pump Housing (K1) Rumah pompa keropos	Tekanan air laut pendingin turun
		Impeller (K2) Impeller kavitasi	Tekanan air laut pendingin turun
		Nut pengunci Impeller (K3) Aus/kavitasi	Impeller tidak terikat sempurna/bisa lepas
		O-Ring (K4) Aus/kaku/putus	Terjadi rembesan air laut
		Bearing Housing (K5) Longgar	Bearing tidak terikat sempurna getaran tinggi
		Grooved Ball Bearing (K6) Bearing rusak/kocak	Putaran pompa tidak <i>balance</i>
		Cyl Roller Bearing (K7) Bearing rusak/kocak	Putaran pompa tidak <i>balance</i>
		Drive Gear (K8) Gear rontok/rusak	Menyebabkan As tidak bisa berputar,
		Pump Shaft (K9) Shaft aus	Impeller/Bearing tidak terikat sempurna
		Circlip (K 10) Rusak/patah	Drive gear tidak terkunci
		Spacer Ring (K11) patah/aus	Menyebabkan terjadinya gerakan aksial

		<i>Shaft Seal (K12)</i> Aus/kaku	Terjadi rembesan air laut
		<i>Slip Ring Seal (K13)</i> Bengkok/patah	Menyebabkan kebocoran pada <i>shaft seal</i>
		<i>Suction valve (K14)</i> Aus/kaku/rusak	Pompa masuk angin
2	<i>Intercooler</i>	<i>Water Chamber (K15)</i> Korosif/keropos	Air laut bocor
		<i>Gasket (16)</i> Rusak/sobek	Air laut bocor
		<i>Cooler core (K17)</i> Kotor/ngeblok/buntu/bocor	Proses pendinginan udara tidak sempurna /mesin panas
3	<i>Raw Water Sistem</i>	<i>Link Gasket (K18)</i> Rusak/sobek	Air laut bocor
		<i>Receptacle O-Ring (K19)</i> Aus/kaku/putus	Air laut bocor
		<i>Restrictor Gasket (K20)</i> Rusak/sobek	Air laut bocor
		<i>Flange Gasket (K21)</i> Rusak/sobek	Air laut bocor
		<i>Gummikompensator (K22)</i> pecah/sobek	Air laut bocor
		<i>Adaptor (K23)</i> Zink stick habis	Air laut bocor
		<i>Rubber Sleeve (K24)</i> pecah/sobek	Air laut bocor
		<i>Clamp (K25)</i> Rusak/putus	Air laut bocor
4	<i>Coolant Cooler</i>	<i>Flat Tube Element (K26)</i> Kotor/ngeblok/buntu/bocor	Bila buntu mesin panas, bila bocor air tawar tercampur air laut
		<i>Gasket Flat Tube(K27)</i> Rusak/sobek	Air laut bocor

### 5.1 Penentuan Komponen Kritis dengan Metode FMEA

Penentuan Komponen Kritis dengan Metode FMEA Berdasarkan langkah-langkah FMEA pada Tabel 4.5, maka secara otomatis dalam penulisan ini dapat ditentukan komponen kritis sesuai dengan hasil kumulatif dari jumlah RPN yaitu dari 27 peluang kerusakan diperoleh 7 komponen yang memiliki kekritisan. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Komponen Kritis Berdasarkan Nilai RPN

No	Nama Komponen	Rangking	RPN
1	<i>Water seal</i>	4	4,67
2	<i>Slip ring seal</i>	6	4,12
3	<i>Water chamber</i>	2	5,04
4	<i>Gasket Water Chamber</i>	3	4,83
5	<i>Cooler Core</i>	5	4,54
6	<i>Flat tube Element</i>	1	6,29
7	<i>Gasket Flat tube element</i>	7	4,19

Berdasarkan dari Tabel 5.1 di atas, diperoleh 7 komponen kritis. Ke 7 komponen tersebut kekritisannya dapat juga diuji melalui analisa kegagalan fungsional komponen pada *worksheet* FMEA , analisa tersebut berdasarkan hasil wawancara dengan 90 para *expert*. Kerusakan-kerusakan yang terjadi dibagi sesuai kategori *failure effect* seperti pada Tabel 5.2 :

Tabel 5.2 Kategori *Failure Effect* dari Komponen *Sea Water System*

No	Part Number	Nama Komponen	Failure Effect	
			Kategori	Definisi
1	000 201 64 19	<i>Water seal</i>	<i>Catastrophic</i>	Menyebabkan sistem <i>shutdown</i>
2	000 201 83 19	<i>Slip ring seal</i>	<i>Catastrophic</i>	Menyebabkan sistem <i>shutdown</i>
3	580 098 12 30	<i>Water chamber</i>	<i>Marginal</i>	Sistem mengalami penurunan fungsi kinerja
4	580 098 13 80	<i>Gasket Water Chamber</i>	<i>Marginal</i>	Sistem mengalami penurunan fungsi kinerja

Tabel 5.2 Kategori *failure effect* dari komponen *sea water system* (lanjutan)

No	Part Number	Nama Komponen	Failure Effect	
			Kategori	Definisi
5	002 098 41 20	<i>Cooler Core</i>	<i>Catastrophic</i>	Menyebabkan sistem <i>shutdown</i>
6	869 200 01 80	<i>Flat Tube Element</i>	<i>Catastrophic</i>	Menyebabkan sistem <i>shutdown</i>
7	869 200 00 48	<i>Gasket Flat Tube Element</i>	<i>Marginal</i>	Sistem mengalami penurunan fungsi kinerja

Hasil dari wawancara dengan para *expert*, kegagalan *water seal* pada pompa air laut akan menyebabkan kebocoran pada pompa. Hal ini akan menyebabkan tekanan air laut akan berkurang. Mesin MTU16V956TB92 dilengkapi dengan sensor tekanan air laut (*raw water pressure*), apabila tekanan kurang dari yang dipersyaratkan mesin akan mati (*Shutdown*). Begitu pula jika terjadi kegagalan pada *slip ring seal*, juga akan menyebabkan kebocoran pada pompa.

Jika *water chamber* dan *gasket water chamber* mengalami kegagalan hal ini akan mengakibatkan kebocoran pada *intercooler* yang berakibat udara yang masuk ruang bakar kurang dingin. Hal ini hanya mengakibatkan kinerja mesin menurun, tetapi bila kegagalan terjadi pada *cooler core* akan mengakibatkan air laut terbawa ke ruang bakar akan mengakibatkan *water slash*, yaitu mesin akan mengkompresikan air. Ini akan mengakibatkan kerusakan yang fatal pada mesin yaitu kerusakan pada *piston, liner, cylinder head, connecting rod* atau pada *crank shaft*.

Kebocoran pada *flat tube element* akan mengakibatkan air laut masuk kedalam sistem air tawar yang mengakibatkan volume air tawar bertambah dan dapat merusak sistem air tawar, sehingga mesin akan mati, tetapi jika kerusakan terjadi pada *gasket flat tube element*, hal ini hanya mengakibatkan kebocoran pada *water cooler* yang mengakibatkan air tawar kurang dingin, sehingga kinerja mesin menurun.

## 6.1 Kesimpulan

Dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

a. Berdasarkan langkah-langkah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), maka dapat ditentukan komponen kritis. Dari 27 peluang kerusakan diperoleh 7 komponen yang memiliki kekritisitas yaitu *Water Seal, Slip Ring Seal, Water chamber, Gasket Water Chamber, Cooler Core, Flat tube Element dan Gasket Flat tube element* .

b. Hubungan antara komponen kritis dan MPK MTU16V956TB92 adalah *Water Seal* : Menyebabkan sistem *shutdown*, *Slip Ring Seal* : Menyebabkan sistem *shutdown*, *Water chamber* : Sistem mengalami penurunan fungsi kinerja, *Gasket Water Chamber* : Sistem mengalami penurunan fungsi kinerja, *Cooler Core* : Menyebabkan sistem *shutdown*, *Flat tube Element* : Menyebabkan sistem *shutdown* dan *Gasket Flat tube element* : Sistem mengalami penurunan fungsi kinerja.

c. Pelaksanaan perawatan *water seal* dari 1112,99 jam menjadi 791,79 jam *flat tube element* 706,67 jam menjadi 256,54 jam, *element gaskets flat tube element* 706,67 jam menjadi 416,323 jam, *slip ring seal* dari 1112,99 jam menjadi 784,49 jam , *water chamber* dari 705,67 jam menjadi 501,83 jam, *cooler core* dari 705,67 jam menjadi 517,64 jam diikuti oleh komponen *gasket water chamber* dari 706,67 jam menjadi 611,83 jam.

d. Total keuntungan yang diperoleh bila menggunakan perawatan dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* sebesar = € 562,036 = Rp. 8.430.540,00 atau dalam prosentase = 21,05%.

## 6.2 Saran

Berdasarkan upaya-upaya yang telah dilakukan dalam penelitian ini, penulis merasa perlu memberikan saran-saran :

Perlu *follow up* dan *updating* terhadap hasil penelitian agar metode penentuan interval waktu penggantian komponen dapat memberikan kontribusi bagi upaya pemeliharaan dan peningkatan *endurance* dilaut bagi KRI jenis FPB57 saat operasi di jajaran Koarmatim.

A. Perlu evaluasi terhadap metode perawatan KRI jenis FPB57 yang telah dilaksanakan selama ini, agar kesiapan alat yang dimiliki TNI AL mampu mendukung tugas pokoknya, yaitu menjaga kedaulatan negara dan menegakkan hukum dilaut.

Untuk penelitian yang sejenis peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode yang lain atau apabila kerusakan terjadi di luar pangkalan Surabaya.

## 5. Daftar Pustaka

- American Bureau of Shipping Incorporated 2004. *Reliability Centered Maintenance*, Houston, USA.
- Cheng, Z., Jia X., Gao, P., Wu, S. dan Wang, J. 2008, *A framework for intelligent reliability centered maintenance analysis*, *Reliability Engineering and System Safety* 93 (2008) 784–792.
- Duffuaa, Salih O. Rauf A. 2015 *Planning and Control of Maintenance Systems 2<sup>nd</sup> edition*, Dhahran, Saudi Arabia.
- Ebeling, Charles E. (1997) *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw Hill.
- Fonseca D.J. dan Knapp G.M. 2000, *An expert system for reliability centered maintenance in the chemical industry*, *Expert Systems with Applications* 19 (2000) 45–57.
- Igba, J., Alemzadeh, K., Anyanwu-ebo, I., Gibbon P. dan Friis J. (2013), *A Systems Approach towards Reliability-Centred Maintenance (RCM) of Wind Turbines*, *Procedia Computer Science* 16 ( 2013 ) 814 – 823.
- Jaarsveld, W. dan Dekker, R. 2011, *Spare parts stock control for redundant systems using reliability centered maintenance data*, *Reliability Engineering and System Safety* 96 (2011) 1576–1586.
- Jardine, A.K.S (1973), *Maintenance, Replacement and Reliability*, Pitman Publishing, Great Britain.
- Kimura, F., Hata, T. dan Kobayashi, N. 2002, *Reliability-Centered Maintenance Planning based on Computer-Aided FMEA*, **The 35<sup>th</sup> CIRP-International Seminar on Manufacturing Systems**, 12-15 May 2002, Seoul, Korea.
- Kuntjoro, Yanif Dwi 2009 *Pemilihan Konsep dengan Penyederhanaan Metoda Fuzzy Analitic Hierarchy Procecc (Studi Kasus Manajemen Perawatan Kapal-kapal Angkatan Laut)*, Surabaya.
- Leitch, Roger D. *Reliability Analysis for Engineers*.
- Marsetio 2014, *Sea Power Indonesia*. Universitas Pertahanan, Jakarta.
- Mokashi, A.J., Wang, J., Vermar, A.K. 2002, *A study of reliability-centred maintenance in maritime operations*, *Marine Policy* 26 (2002) 325–335.
- Moubray, J. 1997 *Reliability Centered Maintenance 2<sup>nd</sup> edition*, Butterworth Heineann, London.
- Omar, D M. Rantatalo, M. 2015, *Dynamic Response and Time-frequency Analysis for Gear Tooth Crack Detection*, *Mechanical Systems and Signal Processing* 66-67 (2016) 612–624.
- Pillay, A., Wang, J (2003), *Modified Failure Mode and Effects Analysis Using Approximate Reasoning*, *Reliability Engineering & System Safety* 139, 379 -394.
- Sachdeva, A., Kumar, D., P. (2009), *Multi Factor Mode Critically Analysis Using TOPSIS*. *International Journal of Industrial Engineering*, Vol. 5, No. 8 pp 1-9.
- Shekari, A., Fallahian, S. (2007), *Improvement of Lean methodology with FMEA*, POMS 18th Annual Conference, Texas.
- Woo, J K., Choi, G., Chul, J S., Min, JL. 2015, *Optimal Scheduling of the Maintenance and Improvement for Water Main System Using Markov Decision Process*, *IFAC-PapersOnLine* 48-8 (2015) 379–384.

- Yssaad, B., Abene, A. 2014, *Rational Reliability Centered Maintenance Optimization for Power Distribution Systems*, *Electrical Power and Energy Systems* 73 (2015) 350–360.
- Yun, L., Zhao, S., Yang, S., Yongjun, L. dan Qiang, R. 2014, *Markov process based reliability model for laser diodes in space radiation environment*, *Microelectronics Reliability* 54 (2014) 2735–2739.