

## RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DALAM PERAWATAN F.O. SERVICE PUMP SISTEM BAHAN BAKAR KAPAL IKAN

**M. Rusydi Alwi**

*Dosen Program Studi Teknik Sistem Perkapalan  
Jurusan Perkapalan - Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino, Bontomarannu, Kabupaten Gowa  
Telp. 081355497969, email: rusedialra@yahoo.com*

### **Abstrak**

*Kapal ikan yang beroperasi pada saat ini dituntut untuk meningkatkan *availability*-nya. Salah satu cara untuk meningkatkan *availability* kapal adalah dengan meningkatkan keandalannya melalui usaha perawatan terutama pada sistem yang kritis dalam sistem pendukung mesin induk diantaranya sistem bahan bakar. Apabila sistem bahan bakar mengalami kerusakan maka akan mengurangi *availability* motor induk. Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan sebuah manajemen perawatan yang terencana dan lebih bersifat proaktif dalam mencegah terjadinya kegagalan fungsional sistem. Sehingga diharapkan dengan menggunakan metode RCM dapat diperoleh kegiatan perawatan sistem bahan bakar mesin induk kapal yang optimum ditinjau dari segi keandalan system. Direkomendasikan untuk melakukan perawatan di saat nilai indeks keandalan komponen F.O Service Pump di atas  $R(t) = 0,5$ .*

### **Kata Kunci**

*Availability, RCM, F.O. Service Pump.*

## **PENDAHULUAN**

Semakin banyaknya kapal yang beroperasi pada saat ini menuntut pihak pemilik untuk meningkatkan *availability* kapalnya. Salah satu cara untuk meningkatkan *availability* kapal adalah dengan meningkatkan keandalannya melalui usaha perawatan. Kegiatan perawatan yang banyak dilakukan sekarang adalah jenis *Preventive Maintenance* yaitu sebuah kegiatan yang dilakukan untuk menjaga agar peralatan dalam kondisi operasi dan untuk mencegah terjadinya kegagalan operasional.

Perawatan adalah suatu fungsi dari kerusakan dimana hal tersebut dapat diartikan bahwa apabila terjadi kerusakan maka dibutuhkan perawatan. Perawatan tidak dapat dianggap hal yang dapat dikesampingkan karena apabila di dalam proses unjuk kerja suatu mesin induk, jika tidak dilakukan perawatan maka motor induk tersebut akan mengalami penurunan unjuk kerja secara perlahan tapi pasti. Salah satu sistem yang kritis dari sistem pendukung mesin induk adalah sistem bahan bakar. Apabila sistem bahan bakar mengalami kerusakan maka akan mengurangi unjuk kerja mesin induk. Sehingga hal tersebut akan mengakibatkan kerugian yang dialami oleh pihak pemilik kapal dari segi teknis maupun ekonomis.

## *Reliability Centered Maintenance* dalam Perawatan F.O. *Service Pump* Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan

---

Perawatan merupakan suatu sekumpulan aktifitas yang diperlukan untuk menjaga agar suatu sistem atau peralatan selalu siap untuk dimanfaatkan tiap saat diperlukan. Dengan perawatan yang baik akan memperlambat terjadinya kerusakan sehingga perlu untuk dilakukan sebuah manajemen perawatan.

Sebuah perencanaan perawatan harus didasarkan pada pertimbangan yang obyektif terhadap kebutuhan peralatan, kemampuan tenaga kerja dan biaya. Hal ini terkait dengan terbatasnya dana pemeliharaan yang dimiliki oleh pemilik kapal ikan dalam hal ini nelayan kecil yang mengandalkan hasil tangkapannya dalam memenuhi biaya operasi kapalnya.

Salah satu manajemen perawatan yang ada sekarang ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan sebuah manajemen perawatan yang terencana dan lebih bersifat proaktif dalam mencegah terjadinya kegagalan fungsional sistem. Sehingga diharapkan dengan menggunakan metode RCM dapat diperoleh kegiatan perawatan terhadap sistem bahan bakar motor induk kapal ikan yang optimum ditinjau dari segi keandalan sistem.

Keandalan adalah probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan sebuah fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan (O'Connor, 1991).

Konsep RCM harus difokuskan pada aktivitas yang paling memberikan dampak terhadap performance dari sistem yang diukur berdasarkan availability dan keselamatan operasional sistem. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin beberapa asset fisik secara terus menerus mengerjakan sesuai dengan apa yang pemakai inginkan dalam kondisi pengoperasiannya (Moubray, 1997).

RCM adalah suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan preventive maintenance yang terjadwal. Perawatan dilakukan untuk mempertahankan fungsi dari sistem serta memastikan bahwa sistem dan peralatannya dapat melakukan fungsinya pada berbagai mode pengoperasian. *Preventive Maintenance* (PM) yang efektif akan menjamin terlaksananya desain kehandalan dari sistem.

Data kegagalan (*failure history*) atau data perawatan yang telah dilakukan diolah untuk mendapatkan indeks keandalan, laju kegagalan, nilai MTTF peralatan yang nantinya bermanfaat pada saat melakukan analisa penentuan interval kegiatan perawatan.

Pendugaan distribusi merupakan langkah awal untuk menghitung nilai Waktu rata-rata untuk mencapai kegagalan (*Mean Time To Failure* / MTTF), Indeks Keandalan  $R(t)$  dan Laju Kegagalan (*Failure Rate*) dari suatu komponen. (Ramakumar, 1993). Pendugaan distribusi ini hanya bisa dilakukan apabila terdapat lebih dari satu data waktu kegagalan (*time to failure*).

### Distribusi Weibull

Distribusi Weibull banyak dipakai karena distribusi ini memiliki shape parameter sehingga distribusi mampu untuk memodelkan berbagai data (Kececioglu,1991). Jika *time to failure* dari suatu sistem adalah  $t$  mengikuti distribusi Weibull dengan tiga tipe parameter:

- Parameter bentuk ( $\beta$ )
- Parameter skala ( $\eta$ )
- Parameter lokasi ( $\gamma$ )

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

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

Persamaan nilai keandalan  $R(t)$ :

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

Persamaan laju kegagalan (failure rate):

$$\lambda_{(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (3)$$

Persamaan waktu rata-rata mencapai kegagalan (MTTF):

$$MTTF = \eta \cdot \Gamma\left( \frac{1}{\beta} + 1 \right) + \gamma \quad (4)$$

### Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial biasanya digunakan untuk mendeskripsikan laju kegagalan yang konstan dari sebuah sistem. Jika *time to failure* ( $t$ ) dari komponen yang berdistribusi eksponensial dengan dua parameter yaitu:

- Failure rate ( $\lambda$ )
- Shape parameter ( $\gamma$ )

maka persamaan pdf dari  $t$  adalah:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (5)$$

Persamaan fungsi keandalan  $R(t)$ :

$$R(t) = e^{-\lambda(t-\gamma)} \quad (6)$$

**Reliability Centered Maintenance dalam Perawatan F.O. Service Pump  
Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan**

---

Persamaan waktu rata-rata mencapai kegagalan (MTTF):

$$MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \tag{7}$$

**Distribusi Normal**

Distribusi normal atau yang dikenal dengan distribusi Gaussian banyak dipakai untuk analisa keandalan struktur. Jika *time to failure* (t) dari suatu komponen berdistribusi normal, maka persamaan pdf-nya adalah:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \tag{8}$$

dimana:  $\sigma$  = standar deviasi  
 $\mu$  = rata-rata / mean

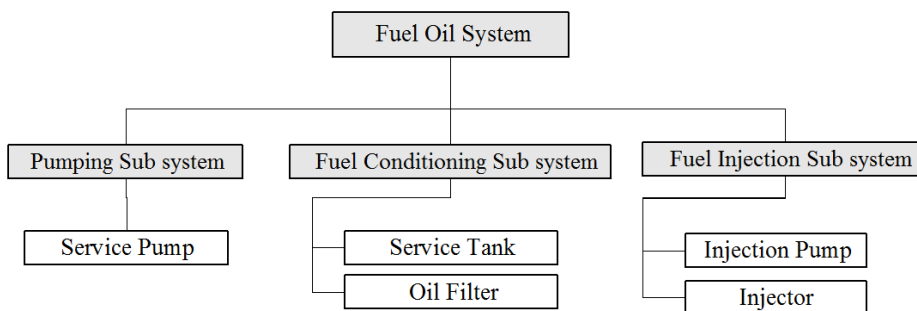
Fungsi keandalan sistem R(t):

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \tag{9}$$

Laju kegagalan (failure rate)  $\lambda$  :

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(t) dt} \tag{10}$$

**Pendefinisian Sistem**



**Gambar 1.**  
 Diagram hirarki fungsional sistem bahan bakar.

Sebelum proses analisa RCM dimulai terlebih dahulu dilakukan analisa hirarki fungsional berupa pendeskripsian sistem yang akan dianalisa dalam sebuah hirarki fungsional dengan

tujuan untuk mengetahui fungsi-fungsi sistem yang mendukung daripada fungsi utama motor induk kapal sehingga akan memudahkan dan mempercepat analisa. Deskripsi sistem dilakukan berdasarkan fungsi-fungsi yang ada pada sistem bahan bakar motor induk kapal ikan dalam bentuk fungsional diagram blok. Deskripsi fungsi sistem dimulai dari level sistem sampai pada level komponen. Sistem bahan bakar terdiri atas tiga subsistem yaitu pumping subsystem, fuel conditioning subsystem dan fuel injection subsystem. Masing-masing subsistem tersebut terdiri dari beberapa komponen. Adapun hirarki fungsional dari sistem bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 1.

### **Proses Analisa RCM**

Proses analisa RCM dilakukan dengan menggunakan Guideline for Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process dari Navair USA (Navair, 2001).

#### **1. Menentukan scope analisis**

Analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah pada level komponen yakni analisa tingkat keandalan dari komponen-komponen yang mendukung fungsi sistem bahan bakar dari mesin induk kapal ikan.

#### **2. Identifikasi fungsi sistem**

Fungsi utama dari sistem bahan bakar adalah mensuplai bahan bakar yang bersih dari kontaminan dari service tank ke pompa injeksi untuk diinjeksikan ke ruang bakar mesin induk.

Selanjutnya untuk memudahkan dalam tahapan analisa maka dilakukan pembagian fungsi menurut subsistem dari bahan bakar sebagai berikut:

- ◆ *Pumping subsystem* berfungsi untuk menghasilkan aliran bahan bakar dari *service tank* ke *injection pump* dengan kapasitas 5 m<sup>3</sup>/jam.
- ◆ *Fuel Conditioning subsystem* berfungsi untuk menghasilkan bahan bakar yang bersih dari air dan kontaminan sebelum diinjeksikan ke ruang bakar mesin induk.
- ◆ *Fuel Injectioning subsystem* berfungsi untuk melakukan penginjeksian bahan bakar ke ruang bakar mesin induk.

#### **3. Identifikasi kegagalan fungsional sistem**

Berdasarkan fungsi-fungsi yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya dilakukan pengidentifikasian kegagalan fungsional yang terjadi pada sistem bahan bakar

#### **4. Identifikasi mode-mode kegagalan**

Selanjutnya diidentifikasi penyebab terjadinya setiap kegagalan fungsional tersebut yang dikenal dengan mode-mode kegagalan (*failure modes*).

#### **5. Identifikasi dampak kegagalan**

Setiap *failure mode* yang terjadi dianalisa dampak yang ditimbulkan terhadap tercapainya fungsi-fungsi yang telah diidentifikasi diatas. Selanjutnya dilakukan pengklasifikasian tingkat severitas (*severity classsifications*) berdasarkan dampak yang ditimbulkan mode kegagalan tersebut.

### **6. Penentuan fungsi yang signifikan**

Penentuan fungsi yang signifikan dilakukan dengan menggunakan diagram SF Selection Logic. Untuk fungsi-fungsi yang signifikan selanjutnya dianalisa untuk menentukan jenis kegiatan perawatan yang harus dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan konsekuensi dari kegagalan fungsional yang terjadi.

### **7. Pemilihan kegiatan perawatan**

Proses pemilihan kegiatan perawatan dilakukan dengan menggunakan RCM Decision Logic Diagram. Hasilnya berupa jenis kegiatan perawatan yang terbaik untuk mencegah kegagalan fungsional sekaligus mengurangi konsekuensinya yang ditimbulkan ke tingkatan yang dapat diterima.

### **Indeks Keandalan FO Service Pump**

Kegagalan yang pernah dialami oleh FO Service Pump adalah motor listrik rusak, saluran isap rusak dan misalignment pompa dengan motornya sehingga tidak dapat menjalankan fungsinya untuk mengalirkan bahan bakar dari service tank ke motor induk dengan kapasitas 5 m<sup>3</sup>/jam. Data waktu kegagalan komponen adalah: 800, 1200, 1600, 1750, 2300, 2500, 3100. Dari tersebut dapat dicari kurva distribusi probabilitasnya yang nantinya akan diperoleh juga MTTF-nya. Dengan menggunakan software Weibull++6, diperoleh kandidat pertama distribusi yaitu distribusi Weibull dengan 3 parameter yaitu:

- Parameter bentuk ( $\beta$ ) = 2,8372
- Parameter skala ( $\eta$ ) = 2121,2620
- Parameter lokasi ( $\gamma$ ) = 9,00

Dari ketiga parameter tersebut kemudian dapat dipakai untuk mencari indeks keandalannya berupa fungsi padat peluang  $f(t)$ , keandalan sebagai fungsi waktu  $R(t)$ , laju kegagalan terhadap fungsi waktu  $\lambda(t)$  dan waktu rata-rata untuk mencapai kegagalan (MTTF).

#### *a. Probability density function $f(t)$*

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

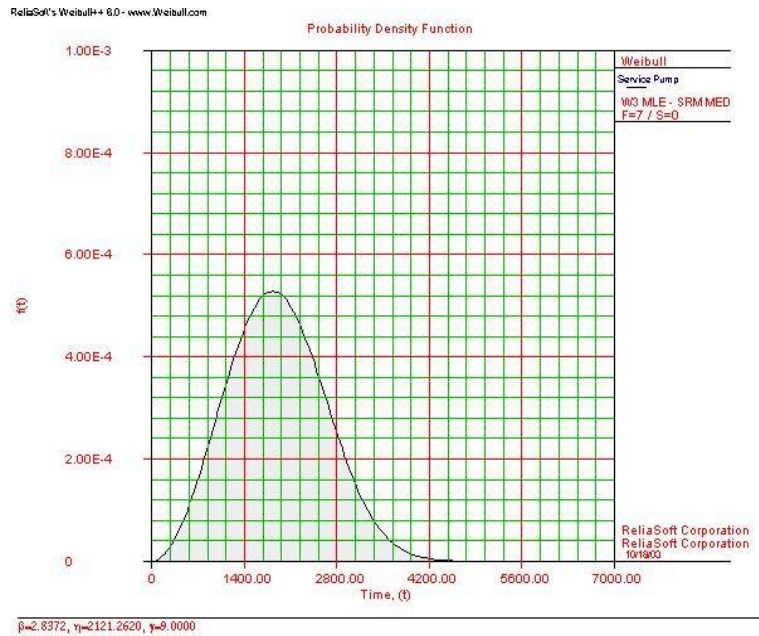
Bentuk kurva fungsi padat peluang  $f(t)$  terhadap waktu dapat dilihat pada gambar 2.

Dari bentuk kurva tersebut dapat dilihat kemungkinan komponen ini mengalami kegagalan pada interval waktu 9,0 sampai dengan 4200 jam operasi dan pada kurva distribusi dapat dilihat bahwa kemungkinan terbanyak komponen mengalami kegagalan adalah pada waktu  $t = 1820$  jam operasi.

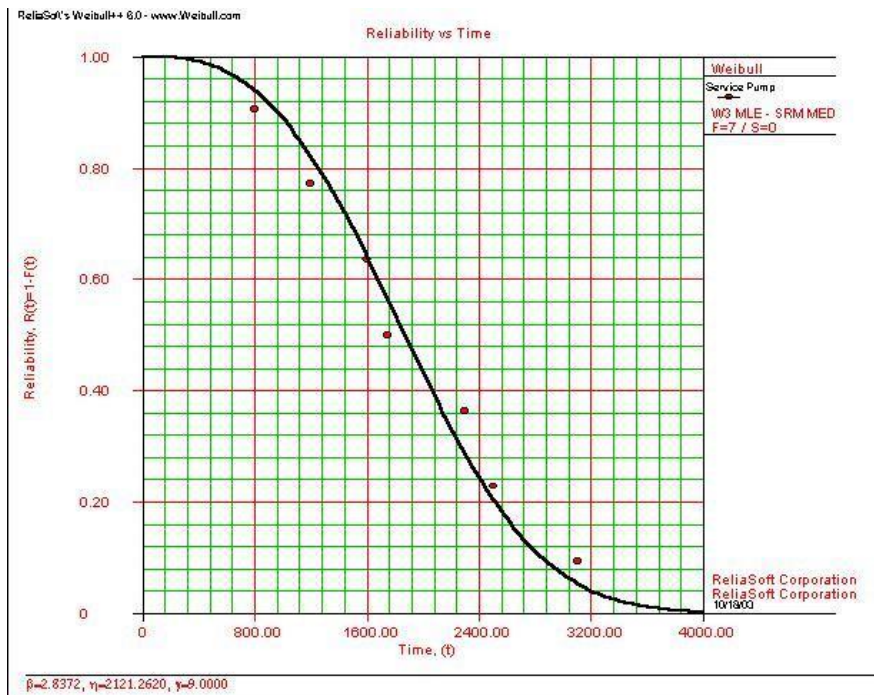
#### *b. Keandalan sebagai fungsi waktu $R(t)$*

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

Bentuk kurva keandalan terhadap fungsi waktu  $R(t)$  dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 2.**  
Kurva probability density function F.O. service pump.



**Gambar 3.**  
Kurva reliability  $R(t)$  F.O. service pump.

**Reliability Centered Maintenance dalam Perawatan F.O. Service Pump  
Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan**

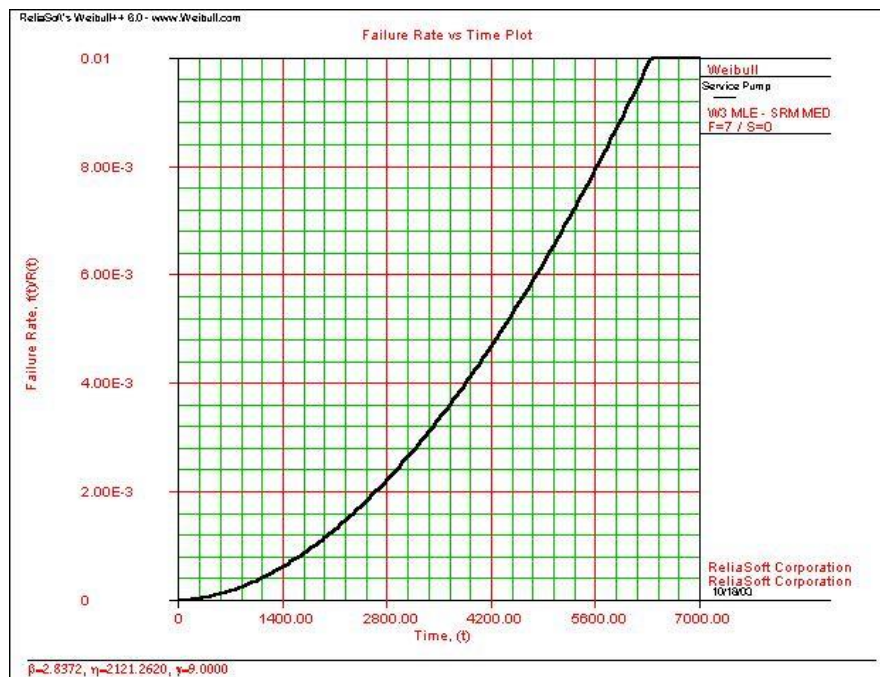
---

Dari bentuk kurva keandalan tersebut dapat dilihat bahwa keandalan Service Pump menurun seiring bertambahnya jam operasi hingga 4000 jam operasi.

c. Laju kegagalan terhadap fungsi waktu  $\lambda(t)$

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

Bentuk kurva laju kegagalan terhadap fungsi waktu dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.**  
Kurva laju kegagalan F.O. service pump.

Dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa laju kegagalan berawal pada  $t = 2,8372$  jam operasi dan terus meningkat seiring bertambahnya jam operasi.

d. Waktu rata-rata untuk mencapai kegagalan (MTTF)

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \eta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) + \gamma \\ &= 4877 + 9 \\ &= 4886 \text{ jam operasi} \end{aligned}$$

Untuk itu direkomendasikan untuk melakukan kegiatan perawatan terhadap service pump pada waktu 1840 jam operasi dimana keandalannya  $R(t) = 0,5$  atau 50 % yang berarti peluang komponen untuk sukses dan gagal masih sama.



## **SIMPULAN**

Perencanaan perawatan dengan metode RCM diperoleh bahwa kegiatan perawatan F.O Service Pump pada sistem bahan bakar mesin induk kapal ikan lebih optimal apabila perawatan dilakukan pada waktu keandalan komponen di atas 0,50.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Kececioglu. Dimitri. Phd, P.E., *Reliability Engineering Handbook Vol. 1 – 2*, Printice-Hall, Inc, Amerika, 1991.
- Moubray, John, *Reliability-centered Maintenance, 2nd edition*, Industrial Press, Inc, 1997.
- Navair, USA, *Guideliness for The Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process*, Direction of Commander, Naval Air Systems Command, 2001.
- O'Connor, P., *Practical Reliability Engineering*, John Wiley & Sons, Chicester, 1992.
- Ramakumar, R., *Engineering Reliability Fundamental And Applications*, Printntice-Hall Inc, Oklahoma State University Stillwater, Oklahoma, 1993.

*Reliability Centered Maintenance* dalam Perawatan F.O. *Service Pump*  
Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan

---