JURNAL SAINS TERAPAN VOL. 5 NO.1 2019 e-*ISSN* 2477-5525
p-ISSN 2406-8810

Received : January 2019	Accepted: April 2019	Published : April 2019

Analisa Perawatan Berbasis Keandalan pada Sistem Bahan Bakar Mesin Utama kapal Motor Penyebrangan Bontoharu

Risna[*1], Mohammad Lutfi[2]
[1,2] STT MIGAS, Balikpapan

[*]Imanuellrisna@yahoo.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen yang rawan terjadi dan nilai *mean time to failure dari* KMP. Bontobaharu. Metode yang digunakan dalam penelitan ini adalah analisis kualitatif yang meliputi *failure mode, effect, analysis (FMECA), fault tree analysis (FTA)* dan analisis kuantitatif menggunakan distribusi *Weibull* untuk mengetahui nilai *mean time to failure (MTTF)*. Metode *Risk Based Inspection and maintenance* digunakan untuk mengetahui nilai resiko peralatan dan model penjadwalan perawatan, dan metode inspeksi yang digunakan berupa visual check. Hasil perhitungan dengan menggunakan distribusi *Weibull* mengungkapkan bahwa nilai MTTF filter adalah 194 jam, separator adalah 502 jam dan pipa adalah 2508 jam. Filter dan separator memiliki tingkat resiko paling tinggi, sedangkan tangki induk, tangka harian, pompa transfer, *feed* pompa, pompa injeksi dan *injector service tank* memiliki tingkat resiko menengah.

***Kata kunci**: sistem bahan bakar, keandalan, FMECA, FTA, perawatan*

Abstract

This study determines the prone components and the mean time to failure of KMP. Bontobaharu. The method used in this research is the qualitative analysis, which comprises the failure mode, effect, analysis (FMECA), fault tree analysis (FTA), and quantitative analysis using Weibull distribution to determine the mean time to failure (MTTF) value. The risk method based inspection and maintenance is used to determine the value of equipment risk and maintenance scheduling model, and the inspection method used is visual check. The results revealed that the value of MTTF filter was 194 hours, separator was 502 hours, and pipe was 2508 hours. Filters and separators have the highest level of risk, while the mainframe, daily trays, transfer pumps, feed pumps, injection pumps, and injector service tanks have medium risk levels.

***Keywords**: fuel system, reliability, FMECA, FTA, maintenance*

1. Pendahuluan

Penggunaan analisa keandalan dalam industri perkapalan semakin meningkat sehubungan dengan kebutuhan akan kemanan dan keselamatan kapal yang handal [1].

Salah satu sistem layanan permesinan yang dipandang perlu dilakukan analisa adalah sistem bahan bakar motor induk. Sistem bahan bakar memegang peranan yang penting untuk menyuplai bahan bakar ke dalam ruang bakar pada motor diesel sebagai penggerak utama di kapal. Kegagalan pada komponen sistem bahan bakar dalam beroperasi diakibatkan dari gagalnya salah satu komponen yang ada pada sistem bahan bakar tersebut. Untuk itu diperlukan sebuah evaluasi keandalan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada komponen tersebut.

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 [2].

Analisa keandalan terhadap komponen-komponen yang mendukung sistem di dalam kinerja bahan bakar tidak perlu menunggu terjadinya kegagalan terlebih dahulu, namun lebih mengutamakan untuk melakukan analisa keandalan sebagai langkah preventif untuk mencegah kegagalan itu sendiri.

Penelusuran pengaruh-pengaruh dari kegagalan komponen atau sistem dapat dilakukan dengan melakukan evaluasi dan analisa terhadap komponen-komponen atau sistem dengan menggunakan *failure mode, effect, and analysis* (*FMECA*) dan *fault tree analysis* (*FTA*), sehingga untuk meminimalkan resiko atau efek yang besar dari suatu tingkat kegagalan, maka manajemen resiko perlu dipertimbangkan sebagai metode untuk mendukung performansi suatu sistem.

Data kegagalan dan data perawatan yang telah dilakukan diolah untuk mendapatkan indeks keandalan, laju keandalan, nilai MTTF peralatan yang nantinya bermanfaat pada saat melakukan Analisa penentuan interval kegiatan perawatan [3].

Pendugaan distribusi merupakan langkah awal untuk menghitung *mean time to failure* (MTTF), indeks Keandalan (R(t)), dan laju kegagalan (*Failure Rate*) dari suatu komponen [4].

2. Sistem Bahan Bakar

Sistem penunjang motor induk dikapal berfungsi untuk membantu mesin induk agar beroperasi sesuai dengan fungsinya yaitu memberikan tenaga kepada *propeller* untuk mendorong kapal. Salah satu bagian dari sistem penunjang motor induk yaitu sistem bahan bakar [1].

Sistem bahan bakar kapal merupakan suatu sistem pelayanan untuk motor induk yang sangat vital. Sistem bahan bakar secara umum terdiri dari *fuel oil supply, fuel oil purifying, fuel oil transfer dan fuel oil drain piping system.* Sistem bahan bakar adalah suatu sistem yang digunakan untuk mensuplai bahan bakar dari *bunker* ke *settling tank* dan juga *daily tank* dan kemudian ke mesin induk atau mesin bantu. Adapun jenis bahan bakar yang digunakan di atas kapal bisa berupa *heavy fuel oil* (HFO), MDO, HSD ataupun solar, biasanya tergantung jenis mesin dan ukuran mesin. Untuk sistem yang menggunakan bahan bakar HFO untuk operasionalnya, sebelum masuk ke mesin utama HFO harus melalui *treatment* dahulu untuk penyesuaian viskositas, suhu, dan tekanan.



Gambar 1. Sistem Bahan Bakar Motor Induk KMP Bontobaharu

Gambar 1 memperlihatkan bahwa sistem bahan bakar motor induk KMP Bontoharu terbagi atas tiga fungsional sub sistem yaitu sub sistem pemompaan bahan bakar, sub sistem pembersihan bahan bakar, dan sub sistem penginjeksian bahan bakar.

Begitu pentingnya peran dari sistem penunjang motor induk tersebut, maka untuk dapat mendeteksi penyebab kegagalan komponen/sistem perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari mengenai karakteristik pola kegagalan, pola perawatan serta kondisi operasional dari masing-masing komponen sistem bahan bakar. Dengan mempelajari mengenai dinamika sistem diharapkan dapat membantu menganalisa serta memahami suatu sistem yang kompleks berubah terhadap fungsi waktu [5].

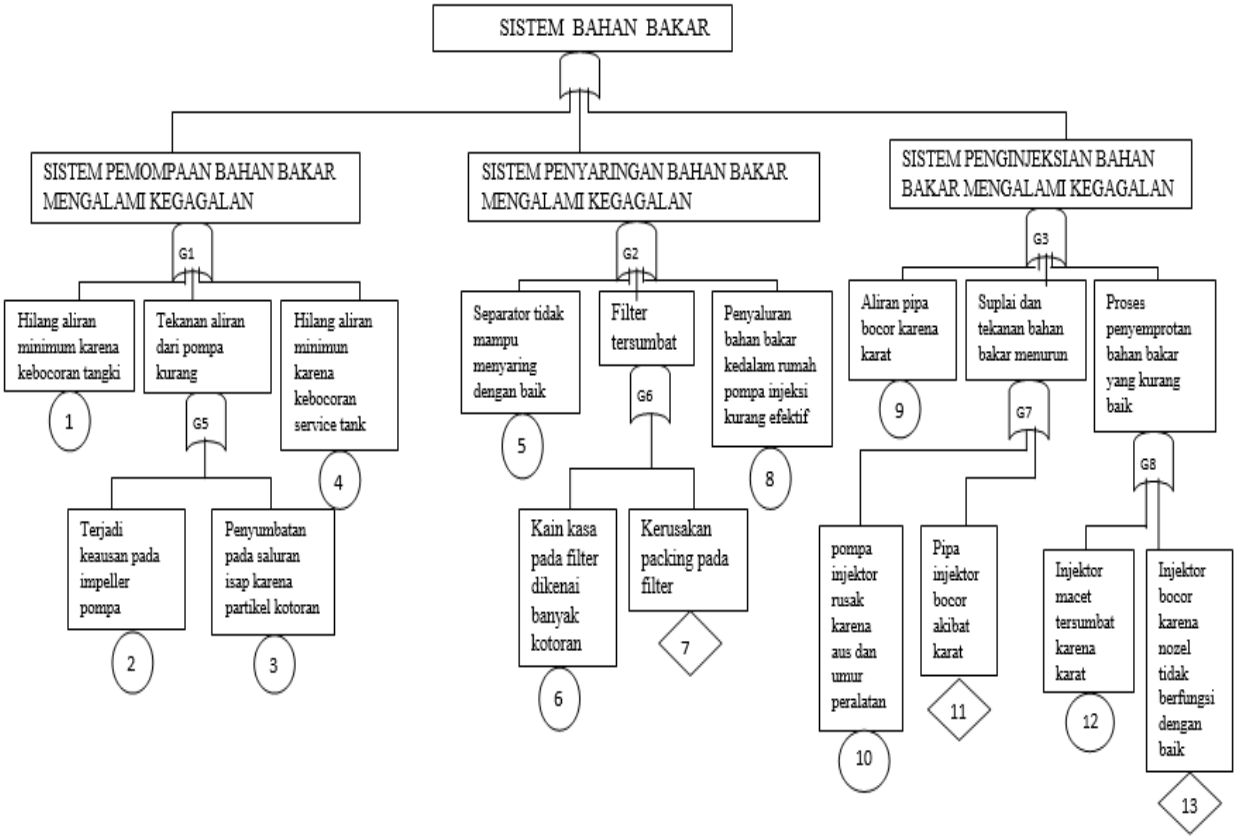
3. Analisa dan Pembahasan

3.2. Analisa Kualitatif

FTAdigunakanuntuk mengindentifikasi semua akibat yang mungkin untuk terjadinya kegagalan sistem (Gambar 2). FTA berorientasi pada fungsi atau lebih dikenal dengan "*top down approach*" Tabel 1 sampai

e-*ISSN* 2477-5525
p-ISSN 2406-8810

Tabel 7 mengidentifikasi mode-mode kegagalan, penyebab kegagalan, serta dampak kegagalan fungsi yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen dalam sistem bahan bakar KMP Bontoharu.



Gambar 2. Diagram *Fault Tree* FTA Sistem Bahan Bakar KMP. Bontoharu

Tabel 1. FMEA SubSistem Pemompaan Bahan Bakar

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANGKING	RISK REDUCTING MEASURES
ID	Component		Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection of Failure	Local	System			
20801	Tangki Induk	Tempat penampungan bahan bakar untuk keperluan mesin yang terletak pada double bottom	Mengalami kebocoran	Karat	Diadakan pemeriksaan secara berkala "setahun sekali"	Fungsi terganggu	Suplai bahan bakar terganggu	Probable	Major	Melakukan pemeriksaan pada tempat-tempat yang diduga dapat mengakibatkan kebocoran

e-*ISSN* 2477-5525
p-ISSN 2406-8810

Tabel 2. FMEA Sub Sistem Pemompaan Bahan Bakar

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANGKING	RISK REDUCTING MEASURES
ID	Component		Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection of Failure	Local	System			
20802	Pompa Transfer	Memindahkan bahan bakar dari tangki induk ke tangki harian	Keausan pada impeller	Diadakan pemeriksaan secara berkala	Pompa tidak beroperasi	Fungsi terganggu	Terganggu	Frequent	Major	Diperlukan perbaikan motor agar dapat menjalankan fungsinya
			Penyumbatan pada saluran isap	Partikel kotoran	Diadakan pemeriksaan secara berkala	Pompa tidak berfungsi	Terganggu	Frequent	Major	Saluran isap dibersihkan sehingga dalam menyuplai bahan bakar dapat tersalurkan

Tabel 3. FMECA Sub Sistem Pemompaan Bahan Bakar

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANGKING	RISK REDUCTING MEASURES
ID	Component		Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection of Failure	Local	System			
20803	Service Tank	Tangki yang menampung bahan bakar untuk keperluan mesin selama beroperasi	Mengalami Kebocoran	Karat	Dilakukan pemeriksaan secara berkala	Dilakukan pemeriksaan secara berkala	Suplai bahan bakar terganggu	Probable	Major	Melakukan pemeriksaan pada tempat-tempat yang diduga dapat mengakibatkan kebocoran

Tabel 4. FMECA Sub Sistem Penyaringan Bahan Bakar

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANGKING	RISK REDUCTING MEASURES
ID	Component		Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection of Failure	Local	System			
20804	Separator	Memisahkan bahan bakar yang masih bercampur antara minyak dan juga air sebelum dialirkan ke service tank atau ke tangki harian	Tidak mampu menyaring dengan baik	Kain kasa pemeriksaan pada separator rusak	Diadakan pemeriksaan secara berkala "setiap 500/jam"	Aliran bahan bakar terganggu	Performance Menurun	Frequent	Major	Kondisi kain kasa perlu diperhatikan langkah utama dicuci dan dibersihkan minimal 100/jam

e-*ISSN* 2477-5525
p-ISSN 2406-8810

Tabel 5. FMEA Sub Sistem Penyaringan Bahan Bakar

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANGKING	RISK REDUCTING MEASURES
ID	Component		Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection of Failure	Local	System			
20805	Filter	Menyaring bahan bakar dari kotoran-kotoran yang dapat disebabkan oleh partikel-partikel yang berasal dari tangki induk	Elemen filter tersumbat	Partikel kotoran pada bahan bakar	Diadakan pemeriksaan secara berkala	Aliran bahan bakar terganggu	Performance menurun	Frequent	Major	Dilakukannya kegiatan pembersihan pada filter
			Kerusakan packing pada filter	Umur peralatan	Diadakan pemeriksaan secara berkala	Kebocoran pada filter	Kerja sistem terganggu	Frequent	Major	Melakukan pengoperasian sampai filter mengalami kerusakan, hal ini lebih efektif diakibatkan packing filter sudah mengalami keausan sehingga tidak ekonomis jika langsung mengganti filter

Tabel 6. FMEA Sub Sistem Penyaringan Bahan Bakar

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANGKING	RISK REDUCTING MEASURES
ID	Component		Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection of Failure	Local	System			
20806	Feed Pump	Mengalirkan bahan bakar kerumah pompa injeksi	Kotor	Partikel kotoran		Penyaluran bahan bakar kedalam rumah pompa injeksi kurang efektif	Performance menurun	Frequent	Major	Dilakukan Pembersihan

Tabel 7. FMEA Sub Sistem Penginjeksian Bahan Bakar

DESCRIPTION OF UNIT		FUNCTION	DESCRIPTION OF FAILURE			EFFECT OF FAILURE		FAILURE RATE	SEVERITY RANGKING	RISK REDUCTING MEASURES
ID	Component		Failure Mode	Failure Mechanisme	Detection of Failure	Local	System			
20807	Fuel Injection Line	Pipa aliran bahan bakar yang masuk ke injektor	Aliran pipa bocor	Karat	Dilakukan perawatan secara berkala	Kehilangan daya isap pada pompa	Kapasitas aliran bahan bakar berkurang	Probable	Major	Dilakukannya kegiatan monitoring terhadap kemungkinan terjadinya kebocoran

e-*ISSN* 2477-5525
p-ISSN 2406-8810

3.2. Analisis Kuantitatif

Dalam penelitian ini digunakan *sofware Weibull* ++ versi 7.0. dengan mengimput data jam operasi komponen berdasarkan *log book* kapal KMP Bontoharu akan diperoleh secara otomatis distribusi *Weibull* yang menghasilkan kurva *probability density function* dan *falure rate*, serta parameter bentuk (β**),** parameter skala (η), parameter lokasi (γ). Ketiga nilai parameter tersebut digunakan untuk memperoleh nilai indeks *probability density function* (PDF), *failure rate (*γ), dan *mean time to failure* (MTTF)untuk setiap komponen. Berikut salah satu hasil dari *running program* untuk komponen

3.2.1. Separator

Berdasarkan data jam operasi komponen *separator* (1307,558,2497,2175,565,502) jam, maka dapat diketahui indeks keandalan dari PDF, dimana:

β = Parameter bentuk dari distribusi *Weibull* = 1,1814

η = Parameter skala dari distribusi *Weibull* = 1362.7153 jam

γ = Parameter lokasi dari distribusi *Weibull* = 0,9042

Sehingga:

$$f(1307) = \frac{1.1814}{1362.7153}\left(\frac{1307-0,9042}{1362.7153}\right)^{1.1814-1} \times 2,718^{-\left(\frac{1307-0,9042}{1362.7153}\right)1.1814} = 0,000332$$

Nilai keandalan dari komponen *separator* berdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagaiberikut:

$$R(1307) = 2,718^{-\left(\frac{1307-0,9042}{1362.7153}\right)^{1.1814}} = 0,386$$

Nilai laju kegagalan pada komponen separator berdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

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

$$\lambda(1307) = \frac{1.1814}{1362.7153}\left(\frac{1307-0,9042}{1362.7153}\right)^{1.1814-1}$$

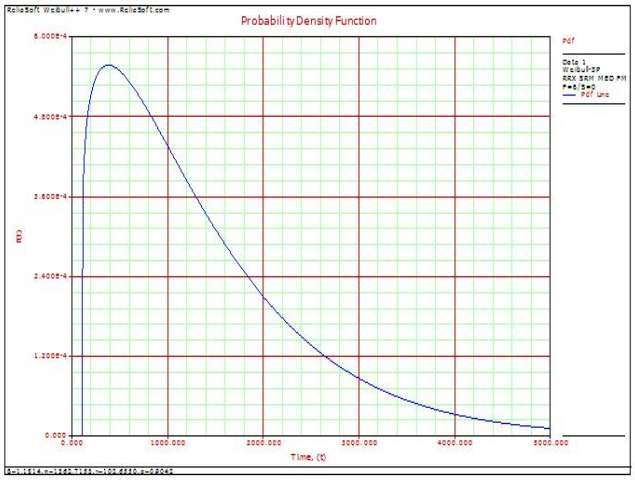
= 0,00086

Nilai MTTF untuk komponen separator berdasarkan persamaan dari distribusi *Weibull*adalah sebagai berikut:

$$\bar{t} = m = MTTF = \eta + \gamma$$

= 1362,6550 jam + 0,9042 jam

= 1363 jam



Gambar 3 Grafik *Probability density function separator*

3.2.2. Filter

Berdasarkan data jam operasi komponen *filter*(250,208,257, 236, 187,299,481,425,838, 915,495,194,313,754,691,474,264,292,285,789, 243,215,257) jam, maka dapat diketahui indeks keandalan dari PDF, dimana:

β = Parameter bentuk dari distribusi *Weibull* = 0,8605

η = Parameter skala dari distribusi *Weibull* = 217,8481 jam

γ = Parameter lokasi dari distribusi *Weibull* = 0,9888

Sehingga:

$$f(250) = \frac{0,9181}{222,4970}\left(\frac{250-0,9888}{222,4970}\right)^{0,9181-1} 2,718^{-\left(\frac{250-0,9888}{222,4970}\right)^{0,9181}}$$

= 0,00136

Nilai Keandalan dari komponen *filter* berdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

e-*ISSN* 2477-5525
p-ISSN 2406-8810

$$R(250) = 2{,}718^{-(\frac{250-0{,}988}{222{,}497})^{0{,}918}}$$
$$= 0{,}3299$$

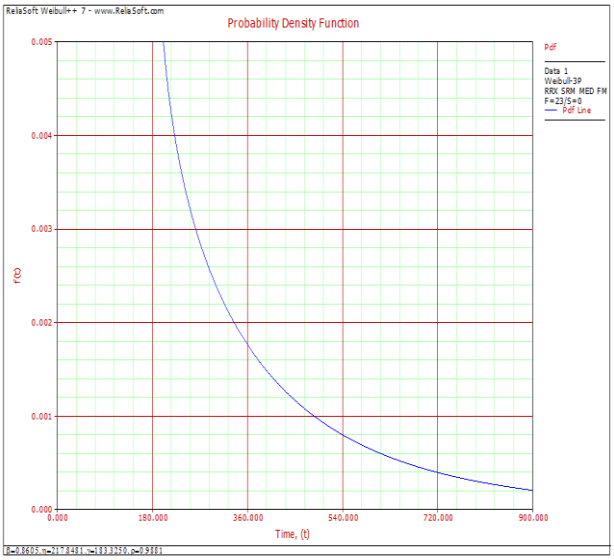
Nilai laju kegagalan pada komponen *filter* berdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

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

$$\lambda(250) = \frac{0{,}9181}{222.4970}\left(\frac{250-0{,}9888}{222.4970}\right)^{0{,}9181-1}$$
$$= 0{,}0041222$$

Nilai MTTF untuk komponen *filter* berdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

$$\bar{t} = m = MTTF = \eta + \gamma$$
$$= 222{,}4970 \text{ jam} + 0{,}9888 \text{ jam}$$
$$= 223{,}48 \text{ jam} = 223 \text{ jam}$$



Gambar 4 Grafik *Probability density functionfilter*

3.2.3. Pipa

Berdasarkan data jam operasi komponen pipa (2508, 4181) jam, maka dapat diketahui indeks keandalan dari PDF, dimana:

β = Parameter bentuk dari distribusi *Weibull*
= 2,4384

η = Parameter skala dari distribusi *Weibull*
= 3799,553 jam

γ = Parameter lokasi dari distribusi *Weibull*
= 1

Sehingga:

$$f(2508) = \frac{2.438}{3799.553}\left(\frac{2508-1}{3799.553}\right)^{2,438-1} \times$$
$$2{,}718^{-\left(\frac{2508-1}{3799.553}\right)^{2.438}} = 0{,}0002454$$

Nilai Keandalan dari komponen pipa berdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

$$R(2508) = 2{,}718^{-\left(\frac{2508-1}{3799553}\right)^{2.438}}$$
= 0,6957

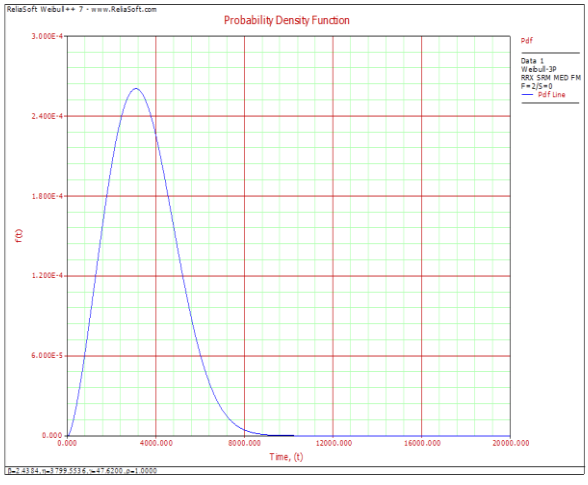
Nilai laju kegagalan pada komponen pipaberdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut :

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

$$\lambda(2508) = \frac{2.4384}{3799.5536}\left(\frac{2508-1}{3799.5536}\right)^{2.4384-1}$$
$$= 0{,}0041222$$

Nilai MTTF untuk komponen pipa berdasarkan distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut :

$$\bar{t} = m = MTTF = \eta + \gamma$$
$$= 3799{,}5536 \text{ jam} + 1 \text{ jam}$$
$$= 3800 \text{ Jam}$$



Gambar 5 Grafik *Probability density function* pipa

4. Kesimpulan

Berdasarkan pendekatan analisa kualitatif dengan metode FMECA dan FTA, diketahui bahwa komponen yang dianggap rawan dan memiliki tingkat resiko paling tinggi yaitu *filter* dan *separator*. Sedangkan waktu untuk melakukan kegiatan perawatan untuk tiap komponan sebagai berikut: *Filter* memiliki nilai laju keandalan yaitu 194 jam operasi. Separator memiliki laju kenadalan yaitu 502 jam operasi. Pipa memiliki laju keandalan yaitu 2.508 jam operasi. Tangki induk dan tangki harian, data perawatan yang sudah diperoleh sudah *continue* jadi dianggap jadwal perawatannya teratur yaitu sekali setahun. pompa transfer, pompa injeksi, dan *feed pump* memiliki jadwal perawatan yang sudah dilakukan secara *continue* dan teratur, yaitu setiap sebulan sekali. *Fuel injector*, *fuel line injector* memiliki jadwal perawatan yang sudah dilakukan secara *continue* dan teratur yakni setiap sebulan sekali. Pada *valve* tidak diperoleh data perawatan maka komponen dianggap tidak pernah mengalami kerusakan.

5. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka disarankan :

1. Mempertahankan fungsi dari system bahan bakar dengan dilakukannya kegiatan-kegiatan perawatan pada tiap komponen, sub sistemnya seperti pemeriksaan, pembersihan, atau perbaikan pada tiap komponen dengan waktu (jam operasi) secara teratur dan berkala
2. Pemilik kapal dalam hal ini operator untuk mencatat atau mendata secara lengkap semua jenis perawatan baik waktu, lama perbaikan, jumlah perbaikan, serta spesifikasi tiap komponen pada sebuah sistem agar dapat secapat mungkin diprediksi perilaku untuk tiap komponen yang akan datang

Daftar Pustaka

[1] E. S. Hadi, dan U. Budiarto. Analisa Keandalan Sistem Bahan Bakar Motor Induk pada KM. Leuser. *Kapal*, vol. 5, no. 2, pp. 123-135, 2008.

[2] D. Kececioglu. *Realiability Engineering Handbook* , *v*ol. 2, *Destech Publications, inc*, Lancaster, Pennsylvania 17601, U.S.A, 2002.

[3] Alwi, R. Reliability Centered Maintenance dalam Perawatan FO Service Pump Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan. *Jurnal Riset Teknologi Kelautan*, vol. 14, no. 1, 2016.

[4] R. Ramakumar., *Engineering Reliability Fundamental and Applications*, Prentice-Hall Inc, Oklahoma State University Stillwater, Oklahoma, 1993.

[5] A. K. Buda. *Pendahuluan Kuliah Kehandalan Sistem*, Handout Kuliah Kehandalan Sistem, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, ITS, 2005.