

## E-JOURNAL TEKNIK INDUSTRI FT USU ANALISIS WAKTU ANTAR KERUSAKAN MESIN *ELECTRIC MOTOR* MENGGUNAKAN METODE *FAILURE FINDING INTERVAL* (STUDI KASUS DI PT. XYZ)

Ade Firmansyah<sup>1</sup>, Khawarita Siregar<sup>2</sup>, Tuti Sarma Sinaga<sup>2</sup>

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara  
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155  
Email: [adepatousu@gmail.com](mailto:adepatousu@gmail.com)<sup>1</sup>  
Email: [khawaritasiregar@yahoo.com](mailto:khawaritasiregar@yahoo.com)<sup>2</sup>  
Email: [tutie\\_rani@yahoo.co.id](mailto:tutie_rani@yahoo.co.id)<sup>3</sup>

**Abstrak.** PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi produk pulp (bubur kertas) dan paper (kertas). Permasalahan yang sedang dihadapi PT. XYZ adalah tingginya tingkat downtime yang terjadi pada mesin electric motor di fiberline area pada tahun 2011 yang mencapai 301.5 jam per tahun. Oleh sebab itu dilakukan penelitian mengenai analisis waktu antar kerusakan mesin dan mengusulkan penjadwalan optimal preventive replacement age terhadap mesin electric motor fiberline area pada PT.XYZ. Pendekatan yang digunakan adalah metode FFI (*Failure Finding Interval*). Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode FFI maka diperoleh rata-rata waktu antar kerusakan (*mean time between failure*) mesin electric motor di tiga fiberline area adalah 17 hari, 32 hari, 26 hari. Hasil perhitungan optimal preventive replacement age electric motor fiberline area di area yang sama adalah 25 hari, 35 hari, 39 hari. Setelah perhitungan metode FFI didapat laju kerusakan electric motor menurun di tiga fiberline area adalah sebesar 0,035; 0,047 dan 0,059 dalam satu hari berturut-turut pada fiberline area 1,2 dan 3.

**Kata kunci:** *Failure Finding Interval (FFI), Mean Time Between Failure, Optimal Preventive Replacement Age.*

**Abstract.** PT. XYZ is a company that produces pulp products and paper. The problems that are being faced by PT. XYZ is the high level of downtime that occurs on the machine electric motor company in the area of the fiberline in 2011 to reach 301.5 hours per year. Therefore, research on the analysis time between failure of machine and proposed optimal scheduling preventive replacement age of the machine electric motor fiberline areas on PT.XYZ. Approach used is method the FFI had (*failure finding intervals*). Based on the calculation using methods the FFI had and obtained average mean time between failure of machine electric motor fiberline three areas called is 17 days, 32 days, 26 days. The result of reckoning optimal preventive replacement age of machine electric motor fiberline area in the same area is 25 days, 35 days 39 days. After a calculation method the FFI had obtained total minimum downtime electric motor fiberline three areas is 0,035; 0,047 and 0,059 in one day a row on fiberline area 1,2 and 3.

**Keywords:** *Failure Finding Interval (FFI), Mean Time Between Failure, Optimal Preventive Replacement Age.*

---

<sup>1</sup> Mahasiswa, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

<sup>2</sup> Dosen Pembimbing, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

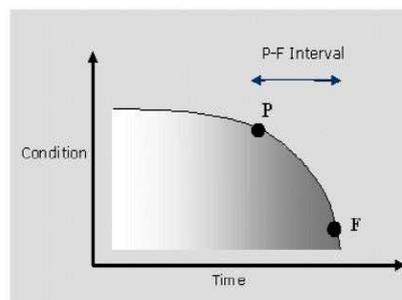
## 1. PENDAHULUAN

Di era globalisasi saat ini perusahaan manufaktur akan menghadapi persaingan dengan perusahaan manufaktur lainnya, maka diperlukan kebijakan untuk bersaing secara kompetitif. Salah satu kebijakan yang dilakukan perusahaan adalah berusaha mempertahankan kesinambungan kerja peralatan produksi, untuk mengantisipasi munculnya permasalahan pemeliharaan (*maintenance*). Pemeliharaan menurut Supandi (1990) adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya. Tuntutan akan kesiapan dan keadaan peralatan yang dapat diterima menurut standar merupakan sesuatu yang sangat penting. Secara umum kebijakan pemeliharaan dimaksudkan untuk menjaga kondisi atau memperbaiki setiap peralatan agar dapat meningkatkan kelancaran produksi dengan meminimumkan jumlah kerusakan pada tingkat biaya yang wajar.

Untuk meminimalisir terjadinya jumlah kerusakan mesin, perlu dilakukan identifikasi waktu antar kerusakan mesin yang terintegrasi dengan *optimal preventive replacement age*. Penelitian tentang waktu antar kerusakan mesin pernah diterapkan di PT. Semen Padang dengan hasil penelitian untuk waktu antar kerusakan mesin *welding ally* adalah 20 hari (Zulya Ratna, 2006), sedangkan penelitian tentang *optimal preventive replacement age* pernah diterapkan di PT. Mutiara Agam dengan hasil penelitian untuk *optimal preventive replacement age* komponen A adalah 32 hari dan untuk *optimal preventive replacement age* mesin B adalah 60 hari (Feri Afrinaldi, 2004). Penelitian ini mencoba untuk menggabungkan kedua metode diatas dalam menyelesaikan masalah penentuan pemeliharaan di PT. XYZ.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi produk *pulp* (bubuk kertas) dan *paper* (kertas) dengan didukung oleh sejumlah mesin dan peralatan yang saling berinteraksi untuk mencapai produktivitas yang optimal. Saat ini, yang sering menjadi kendala dalam produksi adalah seringnya terjadi kerusakan mesin khususnya mesin *electric motor*. Kerusakan yang terjadi pada mesin *electric motor* mengakibatkan kehilangan biaya yang cukup tinggi dalam menghasilkan *pulp*. Berdasarkan data yang diperoleh, total *downtime* mencapai 301.5 jam per tahun (0.39%) dan kehilangan biaya sebesar Rp 35.087.062.500 pertahun. Kerusakan yang terjadi pada mesin *electric motor* semata-mata akibat proses produksi dan umur peralatan. Oleh sebab itu diadakan penelitian terhadap mesin *electric motor* yang bertujuan untuk menentukan waktu antar kerusakan dan mengusulkan penjadwalan *optimal preventive replacement age* mesin *electric motor*. Pendekatan yang digunakan adalah dengan metode *Failure Finding*

*Interval* (FFI). FFI merupakan metode prediksi kondisi berbasis pemeliharaan. Strategi ini bergantung pada kemampuan perawatan untuk mendeteksi potensi kerusakan di awal untuk mengambil tindakan yang tepat. Metode ini dapat menganalisis menggunakan kurva. Kurva umum yang menggambarkan kondisi peralatan sebagai pendekatan kegagalan adalah kurva P-F. Kurva P-F menunjukkan bahwa kegagalan mulai terjadi ketika peralatan memburuk ke titik di mana mungkin dapat dideteksi (P). Jika kegagalan tidak terdeteksi dan dikurangi, ini terus sampai terjadi kegagalan keras (F). Rentang waktu antara P dan F disebut interval P-F adalah jendela peluang selama inspeksi mungkin dapat mendeteksi kegagalan dekat dan mengatasinya. Interval P-F dapat diukur dalam satuan terkait dengan paparan seperti menjalankan siklus waktu. Setelah interval kegagalan diperoleh perusahaan dapat melaksanakan perawatan preventif terhadap peralatan yang ada. Interval P-F dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. P-F curves and P-F intervals

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT. XYZ di daerah Riau pada bulan April s/d September 2012. Data yang diambil pada penelitian ini adalah data kerusakan mesin *electric motor* selama periode Januari 2011 sampai dengan Desember 2011. Objek penelitian adalah sistem perawatan serta waktu kerusakan mesin *electric motor* *fibrelane area* di PT. XYZ.

Pengumpulan data diperoleh dengan melakukan observasi/pengamatan langsung di lapangan, yaitu pada waktu kerusakan mesin. Landasan teori yang digunakan dalam menganalisa dan memecahkan permasalahan yang ada berdasarkan pada metode *Failure Finding Interval*.

Sebelum melakukan pengolahan data dengan metode FFI, maka dilakukan rekapitulasi data kerusakan mesin *electric motor*. Rekapitulasi data kerusakan menggunakan aturan Pareto Diagram 80-20. Aturan pareto ini dilakukan untuk memfokuskan penelitian terhadap area mesin *electric motor* yang mana yang akan diobservasi.

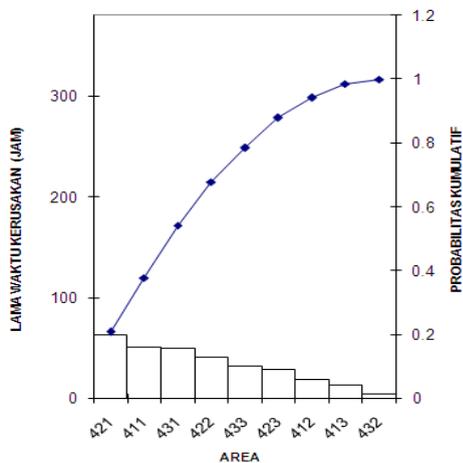
Setelah didapat area yang akan diobservasi, langkah selanjutnya adalah pengolahan data dengan menggunakan metode FFI. Langkah-langkah pengolahan data dengan menggunakan *Failure Finding Interval* adalah sebagai berikut :

1. Hitung waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan komponen.
2. Penentuan distribusi waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan dengan memplot distribusi waktu antar kerusakan mesin *electric* motor. Jenis distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah distribusi eksponensial, distribusi *weibull*, distribusi normal, distribusi lognormal dan distribusi gamma.
3. Penentuan parameter distribusi sesuai dengan distribusi yang diduga berdasarkan hasil *plotting*.
4. Pengujian kecocokan distribusi.
5. Penentuan *Mean Time Between Failure* (MTBF).
6. Penentuan *Optimal Preventive Replacement Age*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Rekapitulasi Data Kerusakan *Electric* Motor

Adapun data kerusakan mesin *electric* motor yang ditinjau dalam penelitian ini adalah data kerusakan mesin *electric* motor di bagian fiberline area. Fiberline area terdiri dari 9 area yaitu area 411, 412, 413, 421, 422, 423, 431, 432 dan 433. Data kerusakan *electric* motor di area fiberline yang ditinjau adalah data kerusakan selama 1 tahun yang terjadi pada tahun 2011. Untuk menentukan mesin *electric* motor fiberline area yang akan diobservasi maka digunakan aturan pareto 80-20. Konsep pareto diagram yang digunakan diarahkan kepada faktor kehilangan biaya akibat kerusakan mesin. Berdasarkan pareto diagram didapat 3 area mesin *electric* motor yang diobservasi yaitu area 421, 411 dan 431. Diagram pareto dari mesin *electric* motor area fiberline yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram Pareto Kehilangan Biaya Setiap Area Fiberline

#### 3.2. Analisis Waktu Antar Kerusakan Mesin (*Time Between Failure*) *Electric* Motor Menggunakan Metode *Failure Finding Interval* (FFI)

Berikut ini adalah langkah-langkah analisis waktu antar kerusakan mesin menggunakan metode *Failure Finding Interval*.

##### 3.2.1. Waktu Antar Kerusakan Mesin *Electric* Motor *Time Between Failure* (TBF) dan Waktu Perbaikan Mesin *Electric* Motor *Time to Repair* (TTR)

Waktu antar kerusakan motor merupakan waktu antara selesainya perbaikan kerusakan pertama dengan waktu terjadinya kerusakan berikutnya. Dalam menghitung waktu antar kerusakan yang dimasukkan dalam perhitungan hanyalah waktu operasi motor tersebut. Karena pabrik beroperasi setiap hari selama 24 jam maka waktu antar kerusakan digunakan persamaan sebagai berikut.

$$TBF_{i+1} = \text{Waktu mulai kerusakan ke } i+1 - \text{Waktu selesai perbaikan ke } i \dots \dots \dots (1)$$

Contoh:

Waktu Mulai kerusakan ke 2 = 25/1/ 2011, jam 19:00  
 Waktu selesai perbaikan ke 1= 20/ 1/ 2011, jam 16:00  
 $TBF_1 = ( 25/ 1/ 2011 19:00) - (20/ 1/ 2011 16:00) = 5,125$  hari.

Untuk menghitung Waktu perbaikan digunakan persamaan sebagai berikut.

$$TTR_i = \text{Waktu selesai perbaikan ke } i - \text{Waktu mulai kerusakan ke } i \dots \dots \dots (2)$$

Contoh:

Waktu mulai rusak ke 1 = 20/ 1/ 2011, jam 14:00  
 Waktu selesai perbaikan ke 1 = 20/ 1/ 2011, jam 16:00  
 $TTR_1 = (20/ 1/ 2011 16:00) - (20/ 1/ 2011 14:00) = 2$  jam.  
 Berikut ini adalah hasil perhitungan TBF dan TTR fiberline area 421, 411 dan 431 yang telah terurut yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. TBF dan TTR Area 421 (Terurut)

No	Area 421		Area 411		Area 431	
	TBF (Hari)	TTR (jam)	TBF (Hari)	TTR (jam)	TBF (Hari)	TTR (jam)
1		2		4		4
2	0.0833	2	60.7708	7	0.7917	4.5
3	0.1667	2	35.25	7	1.4792	2
4	0.6667	2	34.9792	4.5	0.125	3
5	0.6875	2.5	0.0625	4	0.4167	2
6	1.0417	3	0.1667	5.5	0.5417	4.5
7	1.6667	3	16.3125	4	12.8333	4.5
8	2.375	3	89.9167	3.5	28.9167	5
9	2.4583	3	0.6458	4	4.75	2
10	5.125	3	0.125	3.5	2.9583	2
11	6.8333	3	20.6458	4	56.625	2
12	7.9167	3.5			22.5	2
13	20.6875	3.5			2.2917	3
14	22.3333	4			101.9583	3
15	31.1667	4			23.875	6
16	33.7083	4				
17	43.2917	4.5				
18	53.375	5				
19	65.0208	6				

**3.2.2. Distribusi Kerusakan Mesin *Electric Motor* di *Fiberline Area***

Langkah-langkah dalam menentukan distribusi kerusakan *electric motor* adalah sebagai berikut:

- a. Waktu kerusakan *electric motor* diurutkan dari nilai terkecil sampai terbesar sehingga didapatkan TBF terurut.
- b. Menentukan frekuensi setiap kelas interval dari waktu kerusakan mesin *electric motor*
- c. Waktu perbaikan *electric motor* diurutkan dari nilai terkecil sampai terbesar sehingga didapatkan TTR terurut.
- d. Menentukan frekuensi setiap kelas interval dari waktu perbaikan mesin *electric motor*
- e. *Straight Line Fitting*

Pendugaan model distribusi yang sesuai dengan data observasi dilakukan berdasarkan metode kecocokan garis lurus (*straight line fitting*). Data TBF dan TTR yang telah dikelompokkan ke dalam tabel distribusi frekwensi kemudian diplot untuk masing-masing jenis distribusi yang umum dipakai yaitu distribusi normal, lognormal, weibull, gamma dan eksponensial. Di dalam *straight line fitting* digunakan 5 distribusi kontinu yang umum dipakai saja karena hasil plot dengan koefisien determinasi terbesar ( $R^2$ ) akan menentukan model distribusi yang akan diduga.

Untuk melihat rekap model distribusi plot untuk TBF area 421 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rekap Model Distribusi Plot TBF *Electric Motor* *Fiberline Area* 421

Model	Persamaan Regresi	Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> )	Koefisien Determinasi Terbesar
Eksponensial	$y = -0.042x - 0.178$	0.980	0.997
Weibull	$y = 0.682x - 1.861$	0.967	
Normal	$y = 0.025x - 0.046$	0.997	
Lognormal	$y = 0.789x - 1.827$	0.944	
Gamma	$y = 0.295x - 0.832$	0.984	

Berdasarkan hasil *plotting* di atas diduga bahwa data TBF untuk area 421 berdistribusi normal, karena koefisien determinasi terbesar pada area 421 adalah model distribusi normal.

Berdasarkan hasil *plotting* diduga bahwa variabel random TBF *electric motor* area 411 berdistribusi lognormal, karena koefisien determinasi terbesar pada area 411 adalah model distribusi lognormal. Sedangkan untuk TBF *electric motor* area 431 berdistribusi lognormal, karena koefisien determinasi terbesar pada area 431 adalah model distribusi lognormal.

Untuk melihat rekap model distribusi plot untuk TTR area 421 dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rekap Model Distribusi Plot TTR *Electric Motor* *Fiberline Area* 421

Model	Persamaan Regresi	Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> )	Koefisien Determinasi Terbesar
Eksponensial	$y = -0.870x + 1.873$	0.962	0.962
Weibull	$y = 7.028x - 4.002$	0.914	
Normal	$y = 0.737x - 2.350$	0.900	
Lognormal	$y = 3.117x - 3.624$	0.952	
Gamma	$y = 3.056x - 5.466$	0.929	

Berdasarkan hasil *plotting* di atas diduga bahwa, data TTR untuk area 421 berdistribusi normal, karena koefisien determinasi terbesar pada area 421 adalah model distribusi normal.

Berdasarkan hasil *plotting* di atas diduga bahwa variabel random TTR *electric motor* area 411 berdistribusi weibull, karena koefisien determinasi terbesar pada area 411 adalah model distribusi weibull. Sedangkan TTR *electric motor* area 431 berdistribusi weibull, karena koefisien determinasi terbesar pada area 431 adalah model distribusi weibull.

**3.2.3. Penentuan Parameter Distribusi**

Seperti telah dinyatakan pada bagian sebelumnya bahwa parameter distribusi ditentukan berdasarkan gradien dan konstanta untuk masing-masing plot dari model distribusi dengan koefisien determinasi. Rekapitulasi parameter distribusi TBF dan TTR *electric motor* fiberline area yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Parameter Distribusi

Variabel Random	Parameter				Distribusi yang Diduga
	$\alpha$	B	$\mu$	$\sigma$	
TTF Area 421	-	-	16.5891	20.5564	Normal
TTF Area 411	-	-	2.6884	1.2563	Lognormal
TTF Area 431	-	-	2.5645	1.1834	Lognormal
TTR Area 421	0,87	1,149	-	-	Eksponensial
TTR Area 411	2.934	1.8557	-	-	Weibull
TTR Area 431	5.617	1.7877	-	-	Weibull

**3.2.4. Pengujian Kecocokan Distribusi**

Pengujian kecocokan distribusi dilakukan untuk menganalisis kesesuaian data antara frekuensi hasil pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan. Pengujian kecocokan distribusi ini menggunakan Uji *Kolmogorov Smirnov*.

Berikut ini merupakan Uji *Kolmogorov Smirnov* untuk TBF *electric motor* fiberline area. Hasil uji *kolmogorov smirnov* TBF area 421 dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Uji Kolmogorov Smirnov TBF Electric Motor Fiberline Area 421

Batas Bawah	Batas Atas	Frekwensi	Probabilitas Kumulatif Observasi (Fo(t))	Probabilitas Kumulatif Teoritik (Fn(t))	Absolut [Fo(t) - Fn(t)]	Dn = max (absolute [Fo(t) - Fn(t)])
0.0828	12.7107	11	0.6111	0.4252	0.1859	0.1859
12.7107	25.3386	2	0.7222	0.6648	0.0574	
25.3386	37.9664	2	0.8333	0.8508	0.0175	
37.9664	50.5943	1	0.8889	0.9510	0.0621	
50.5943	63.2221	1	0.9444	0.9884	0.0439	
63.2221	75.8500	1	1.0000	1.0000	0.0000	
Total		18				

Berdasarkan tabel di atas diperoleh bahwa K-S statistik hitung (Dn) = 0,1859. Nilai ini lebih kecil dari pada K-S statistik tabel pada tingkat kepercayaan 95% dan derajat bebas v = 18, yaitu 0,3094. Maka hipotesis nol diterima, dimana tidak ada perbedaan yang signifikan antara data observasi dengan ekspektasi Distribusi Normal dengan parameter yang sama.

Untuk Uji Kolmogorov Smirnov TBF electric motor fiberline area 411 diperoleh bahwa K-S statistik hitung terbesar = 0,2413. K-S statistik tabel pada tingkat kepercayaan 95% (α= 5%) dengan derajat bebas v = 10 = 0,4092. Karena 0,2413 < 0,4092 maka H0 diterima. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara data observasi dengan ekspektasi dari distribusi Lognormal dengan parameter yang sama. Sedangkan uji kolmogorov smirnov TBF electric motor fiberline area 431 diperoleh bahwa K-S statistik hitung terbesar = 0,3469. K-S statistik tabel pada tingkat kepercayaan 95% (α= 5%) dengan derajat bebas v = 14 = 0,3489. Karena 0,3469 < 0,3489 maka H0 diterima. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara data observasi dengan ekspektasi dari distribusi Lognormal dengan parameter yang sama.

Berikut ini merupakan Uji Kosmolgorov Smirnov untuk TTR electric motor fiberline area 421 dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Uji Kolmogorov Smirnov TTR Electric Motor Fiberline Area 421 (Fiberline Washing Line)

Batas Bawah	Batas Atas	Frekwensi	Probabilitas Kumulatif Observasi (Fo(t))	Probabilitas Kumulatif Teoritik (Fn(t))	Absolut [Fo(t) - Fn(t)]	Dn = max (absolute [Fo(t) - Fn(t)])
1.9995	2.7658	5	0.2632	0.4657	0.2025	0.2025
2.7658	3.5321	8	0.6842	0.6554	0.0289	
3.5321	4.2984	3	0.8421	0.7265	0.1156	
4.2984	5.0647	2	0.9474	0.7829	0.1645	
5.0647	5.8310	0	0.9474	0.8277	0.1197	
5.8310	6.5973	1	1.0000	0.8633	0.1367	
		19				

Berdasarkan tabel di atas diperoleh bahwa K-S statistik hitung (Dn) = 0,2025. Nilai ini lebih kecil dari pada K-S statistik tabel pada tingkat kepercayaan 95% dan derajat bebas v = 19, yaitu 0,3014. Maka hipotesis nol diterima, dimana tidak ada perbedaan yang signifikan antara data observasi dengan ekspektasi distrubusi Ekspensial dengan parameter yang sama.

Untuk Uji Kolmogorov Smirnov TTR electric motor fiberline area 411 diperoleh bahwa K-S statistik hitung terbesar = 0,2008. K-S statistik tabel pada tingkat

kepercayaan 95% (α= 5%) dengan derajat bebas v = 11 = 0,3912. Karena 0,2008 < 0,3912 maka H0 diterima. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara data observasi dengan ekspektasi dari distribusi Weibull dengan parameter yang sama. Sedangkan uji kolmogorov smirnov TTR electric motor fiberline area 431 diperoleh bahwa K-S statistik hitung terbesar = 0,2882. K-S statistik tabel pada tingkat kepercayaan 95% (α= 5%) dengan derajat bebas v = 15 = 0,3376. Karena 0,2882 < 0,3376 maka H0 diterima. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara data observasi dengan ekspektasi dari distribusi Weibull dengan parameter yang sama.

3.2.5. Penentuan Mean Time Between Failure (MTBF)

Time between (TBF) merupakan waktu antara selesai perbaikan atau penggantian dengan waktu terjadinya kerusakan setelah itu. Time between failure dapat juga dinyatakan sebagai lama beroperasinya suatu komponen setelah mengalami perbaikan atau penggantian. Semakin lama time between failure suatu area berarti semakin jarang terjadi kerusakan pada area tersebut, atau sebaliknya semakin pendek time between failure suatu area berarti semakin sering terjadi kerusakan pada area tersebut. Jadi semakin lama time between failure suatu area maka semakin baik performance area tersebut.

Setelah didapat area yang akan diobservasi maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai mean time between failure (MTBF) dari masing-masing area. Pendugaan model distribusi yang sesuai dengan data observasi dilakukan berdasarkan metode kecocokan garis lurus (straight line fitting). Data TBF dan yang telah dikelompokkan ke dalam tabel distribusi frekwensi kemudian diplot untuk masing-masing jenis distribusi yang umum dipakai.

Untuk area 421 model distribusi yang didapat adalah distribusi normal. Karena distribusinya normal maka untuk menentukan nilai MTBF melihat pada parameter distribusinya. Untuk distribusi normal parameter μ (rata-rata) = mean time between failure.

$$\mu \text{ (rata-rata) } = 16.5891 \text{ hari.}$$

Jadi mean time betwen failure untuk area 421 (fiberline washing line 1) adalah 16.5891 hari. Dengan kata lain kerusakan yang terjadi pada electric motor area 421 terjadi dalam kurun waktu 16 hari sekali.

Untuk area 411 model distribusi yang didapat adalah distribusi lognormal. Karena distribusinya lognormal maka untuk menentukan nilai MTBF berdasarkan rumus varian dari rata-rata berikut.

$$MTBF = \mu = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \dots\dots\dots(3)$$

$$MTBF = \mu = e^{2.6884 + \frac{1.2562^2}{2}} = 32.3807$$

Jadi MTBF untuk area 411 adalah 32.3807 hari. Dengan kata lain kerusakan yang terjadi pada *electric* motor area 411 terjadi dalam kurun waktu 32 hari sekali. Untuk *mean time between failure* area 431 dilakukan dengan perhitungan yang sama. MTBF untuk area 431 adalah 26.1727 hari. Dengan kata lain kerusakan yang terjadi pada *electric* motor area 431 terjadi dalam kurun waktu 26 hari sekali.

**3.2.6. Penentuan *Optimal Preventive Replacement Age* untuk Meminimasi *Downtime***

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, telah diperoleh fungsi kepadatan probabilitas, MTBF dan MTTR untuk kedua komponen. Fungsi kepadatan probabilitas, MTBF dan MTTR itulah yang digunakan dalam menghitung *optimal preventive replacement age* untuk meminimasi *downtime* bagi kelima area yang termasuk dalam aturan pareto diagram.

Model yang digunakan berdasarkan *Optimal Preventive Replacement Age* yang terdapat didalam buku Vincent Gaspersz, *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri* adalah :

$$M(t_p) = \left( \int_0^{t_p} t f(t) dt \right) / [1 - R(t_p)] \dots\dots\dots(4)$$

$$D(t_p) = \frac{T_p R(t_p) + T_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) R(t_p) + [M(t_p) + T_f] [1 - R(t_p)]} \dots(5)$$

Berikut ini adalah penjelasan dari notasinya.

1.  $T_f$  = *downtime* yang diperlukan untuk melakukan *failure replacement*.
2.  $T_p$  = *downtime* yang diperlukan untuk melakukan *preventive replacement*.
3.  $f(t)$  = fungsi kepadatan probabilitas waktu antar kerusakan peralatan.
4.  $M(t_p)$  = *mean time between failure* ketika *preventive replacement* dilakukan pada waktu sama dengan  $t_p$ .
5. Tujuan atau objektif dari model ini adalah menentukan *optimal age* dari  $t_p$  yang merupakan waktu pada saat *preventive replacement* dilakukan untuk meminimasi *downtime* per satuan waktu.
6.  $t_p + T_p$  = Panjang satu siklus.

Untuk *electric* motor fiberline area 421 diperoleh: Fungsi kepadatan probabilitas adalah :

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{20.5564\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-16.589)^2}{2 \times 20.5564^2}\right);$$

$T_p = 2 \text{ jam} = 2/24 = 0.0833 \text{ hari}$

$T_f = 3.3158 \text{ jam} = 3.3158/24 = 0.13816 \text{ hari}$

(Nilai  $T_f$  ini diperoleh dari MTTR *electric* motor fiberline area 421)

Misalnya untuk  $t_p = 3$ , maka:

$$R(t_p=3) = 1 - \frac{\int_0^3 f(t) dt}{20.5564\sqrt{2\pi}} = \frac{1}{20.5564\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(3-16.589)^2}{2 \times 20.5564^2}\right) = 0.745714$$

$1 - R(t_p = 3) = 1 - 0,745714 = 0,254286$

$$M(t_p = 3) = \frac{\int_0^3 t f(t) dt}{0,7457} \approx \frac{\ln R(0) - \ln R(3)}{3 - 0} = 10,224479$$

$$D(t_p) = \frac{T_p R(t_p) + T_f [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) R(t_p) + [M(t_p) + T_f] [1 - R(t_p)]}$$

$$D(3) = \frac{2 \times 0,745714 + 0,13816 \times 0,254286}{(3 + 2) \times 0,745714 + (10,224479 + 0,13816) \times 0,254286}$$

$D(3) = 0,019714$

Dari perhitungan *optimal preventive replacement* untuk *electric* motor fiberline area 421 adalah  $t_p = 25$ . Itu dikarenakan oleh penurunan interval terakhir kerusakan terjadi pada  $t_p = 25$ . Sehingga untuk *electric* motor fiberline area 421 *optimal preventive maintenance* akan dilakukan setiap 25 hari sekali untuk mengurangi resiko kerusakan yang terjadi pada area 421.

Dari perhitungan *optimal preventive replacement* untuk *electric* motor fiberline area 411 adalah  $t_p = 30$ . Itu dikarenakan oleh penurunan interval terakhir kerusakan terjadi pada  $t_p = 30$ . Sehingga untuk *electric* motor fiberline area 411 *optimal preventive maintenance* akan dilakukan setiap 30 hari sekali untuk mengurangi resiko kerusakan yang terjadi pada area 411.

Dari perhitungan *optimal preventive replacement* untuk *electric* motor fiberline area 431 adalah  $t_p = 39$ . Itu dikarenakan oleh penurunan interval terakhir kerusakan terjadi pada  $t_p = 39$ . Sehingga untuk *electric* motor fiberline area 431 *optimal preventive maintenance* akan dilakukan setiap 39 hari sekali untuk mengurangi resiko kerusakan yang terjadi pada area 431.

Untuk melihat laju penurunan kerusakan mesin *electric* motor fiberline area maka ditentukan terlebih dahulu fungsi kepadatan probabilitas. Berikut ini adalah fungsi kepadatan probabilitas mesin *electric* motor fiberline area yang diobservasi.

1. Fungsi kepadatan probabilitas untuk *electric* motor fiberline area 421

$$f(t) = \frac{1}{0\sqrt{2\pi}20.5564} \exp\left(-\frac{(12.7107-16.589)^2}{2 \times 20.5564^2}\right)$$

2. Fungsi kepadatan probabilitas untuk *electric* motor fiberline area 411

$$f(t) = \frac{1}{1.2562 t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - 2.6884)^2}{2 (1.2562)^2}}$$

3. Fungsi kepadatan probabilitas untuk *electric* motor fiberline area 431

$$f(t) = \frac{1}{1.1834t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - 2.5645)^2}{2(1.1834)^2}}$$

Berdasarkan fungsi kepadatan probabilitas di atas dapat diturunkan fungsi laju kerusakan untuk masing-masing *electric* motor fiberline area. Laju kerusakan untuk *electric* motor fiberline area 421 menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Garis lurus pada gambar menunjukkan rata-rata laju kerusakan *electric* motor fiberline area 421 adalah 0,035 per hari. Laju kerusakan untuk *electric* motor fiberline area 411 menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Garis lurus pada gambar menunjukkan rata-rata laju kerusakan *electric* motor fiberline area 411 adalah 0,047 per hari. Laju kerusakan untuk *electric* motor fiberline area 431 menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Garis lurus pada gambar menunjukkan rata-rata laju kerusakan *electric* motor fiberline area 431 adalah 0,059 per hari.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu, berdasarkan perhitungan nilai *mean time between failure electric* motor fiberline area 421 adalah 17 hari, *electric* motor fiberline area 411 adalah 32 hari, *electric* motor fiberline area 431 adalah 26 hari. *Optimal preventive replacement age electric* motor fiberline area 421, 411 dan 431 adalah sebesar 25 hari, 35 hari dan 39 hari. Setelah perhitungan metode FFI didapat laju kerusakan *electric* motor menurun di tiga fiberline area sebesar 0,035, 0,047 dan 0,059 dalam satu hari.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Corder, Antony. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- Dhillon, B.S. 2006. *Maintanability, Maintenance, and Realibility for Engineers*. Taylor and Francis Group. New York: LLC.
- Govil, A.K. 1993. *Reliability Engineering*. New Delhi: Mc Graw Hill Publishing
- Jardine, A.K.S. 2006. *Maintenance, Replacement and Reliability*. Taylor and Francis Group. New York: LLC
- Gaspersz, Vincent. 1992. *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Tarsito: Bandung
- Hartono, Gunawarman. 2003. *Analisis Penerapan Total Preventive Maintenance Untuk Meningkatkan Availability dan Reliability pada Mesin Injeksi Melalui Minimisasi Downtime*. Jakarta: Universitas Binus
- IAEA. 2008. *Application of Reliability Centered Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants*.
- Lestari, Fitra. 2010. *Enhance of Overall Equipment Effective Using Failure Finding Interval*. Malaysia: Universitas Kebangsaan Malaysia
- Montgomery, Douglas C. 2004. *Applied Statistics and Probability for Engineers*.
- R.H. Lindley. 1987. *Maintenance Engineering Handbook*. Consulting Engineer Old Bridge. New Jersey.