

Analisis Reliability Komponen Kritis dengan Metode Perhitungan Lifetime Prediction dan Fault Tree Analysis pada Pompa Hydraulic Axial 250 LPS

*Ikhsan Aresy¹, Ismoyo Haryanto², Gunawan Dwi Haryadi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ikhsan_aresy@yahoo.com

Abstrak

Banjir menjadi suatu permasalahan umum yang dihadapi oleh kota-kota besar di Negara Indonesia dan salah satunya adalah Kota Semarang. Masalah di Kota Semarang terutama di pinggiran mulai dari Kaligawe sampai Genuk yaitu banjir rob, atau masuknya air laut yang menggenangi daratan secara berkala, bahkan permanen serta dikarenakan genangan yang cukup lama. Rumah pompa merupakan suatu fasilitas yang dibutuhkan untuk mengatasi dan menanggulangi banjir. Salah satu pompa yang digunakan pada Rumah Pompa Banjardowo, Genuk, Kota Semarang yaitu pompa jenis *Hydraulic Axial Pump* berkapasitas 250 liter per detik. Oleh karena itu, pompa memiliki peranan yang besar dan penting untuk menanggulangi masalah banjir. Untuk menjaga umur dan performansi pompa, perlu diadakan *maintenance* yang berkala dan terperiodik. Agar sistem perawatan lebih terjadwal maka perlu diketahui *reliability* dari setiap komponen kerusakan pada pompa. *Reliability* didapatkan dengan menggunakan metode distribusi kerusakan serta *fault tree analysis* digunakan untuk menentukan penyebab kerusakan pada komponen kritis. Hasil yang diperoleh pada analisis tersebut adalah tujuh komponen kritis yang memiliki nilai MTTF dan *reliability*, yaitu *hose* – AP.250.83 adalah 54,39% pada 786,191 jam, *hose* – AP.250.84 adalah 54,39% pada 786,191 jam, *hose* – AP.250.85 adalah 55,78% pada 943,167 jam, *hose* – AP.250.86 adalah 55,78% pada 943,167 jam, *Oil Seal*– AP.250.70 adalah 49,53% pada 1018 jam, *Seal Ring*– AP.250.6 adalah 49,53% pada 1018 jam, dan *Seal Ring*- AP.250.33 adalah 49,53% pada 1018 jam. Dari kedua nilai tersebut dibuatlah jadwal *periodic maintenance* pada setiap komponen pompa.

Kata kunci: distribusi kerusakan; *fault tree analysis*; *hydraulic axial pump 250 lps*; *mttf*; *periodic maintenance*; *reliability*

Abstract

Flooding is a common problem faced by major cities in Indonesia and one of them is Semarang City. The problem in Semarang City, especially on the outskirts from Kaligawe to Genuk, is tidal flooding, or the influx of sea water that inundates the land periodically, even permanently and due to prolonged inundation. The pump house is a facility needed to overcome and cope with flooding. One of the pumps used in the Banjardowo Pump House, Genuk, Semarang City is a Hydraulic Axial Pump type pump with a capacity of 250 liters per second. Therefore, the pump has a big and important role to overcome the flood problem. To maintain the life and performance of the pump, regular and periodic maintenance is needed. In order for the maintenance system to be more scheduled, it is necessary to know the reliability of each component of damage to the pump. Reliability is obtained using the damage distribution method and fault tree analysis is used to determine the cause of damage to critical components. The results obtained in the analysis are seven critical components that have MTTF and reliability values, namely hose - AP.250.83 is 54.39% at 786.191 hours, hose - AP.250.84 is 54.39% at 786.191 hours, hose - AP.250.85 is 55.78% at 943.167 hours. AP.250.85 is 55.78% at 943.167 hours, hose - AP.250.86 is 55.81% at 945.149 hours, Oil Seal- AP.250.70 is 49.53% at 1018 hours, Seal Ring- AP.250.6 is 49.53% at 1018 hours, and Seal Ring- AP.250.33 is 49.53% at 1018 hours. From these two values, a periodic maintenance schedule is made for each pump component.

Keywords: *fault tree analysis*; *hydraulic axial pump 250 lps*; *mttf*; *periodic maintenance*; *probability plot*; *reliability*

1. Pendahuluan

Indonesia, sebagai negara yang terdiri dari banyak pulau, secara geografis terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia di bagian utara, lempeng Pasifik Timur, dan lempeng Indonesia-Australia di bagian selatan. Kondisi ini membuat Indonesia menjadi rentan terhadap bencana alam [1]. Banjir merupakan bencana alam yang

paling sering terjadi di Indonesia, dapat di definisikan sebagai terendamnya suatu wilayah karena air yang meluap melebihi kapasitas sistem pembuangan di daerah tersebut, yang berdampak pada kerugian fisik, sosial, dan ekonomi [2].

Banjir menjadi suatu permasalahan umum yang dihadapi oleh kota-kota besar di Negara Indonesia dan salah satunya adalah Kota Semarang. Masalah di Kota Semarang terutama di pinggiran mulai dari Kaligawe sampai Genuk yaitu banjir rob, atau masuknya air laut yang menggenangi daratan secara berkala, bahkan permanen serta dikarenakan genangan yang cukup lama [3]. Salah satu upaya mencegah dan mengurangi dampak dari bencana banjir yaitu dengan menggunakan pompa di daerah titik rawan banjir di Kota Semarang. Pompa merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain melalui sebuah media atau saluran. Pompa adalah suatu mesin atau alat mekanis yang digunakan untuk mengangkat suatu zat cair dari tekanan rendah ke tekanan tinggi, untuk memperlancar aliran dari tekanan rendah ke tekanan tinggi, dan sebagai penguat aliran dalam sistem jaringan perpipaan [4].

Pompa memiliki banyak jenis sesuai kegunaannya, salah satunya yaitu *Hydarulic Axial Pump*. *Hydraulic Axial Pump* ini digerakkan secara mekanis oleh motor yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dengan cara menekan fluida hidrolik ke dalam sistem. Pada sisi hisap pompa (*suction*), elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa [5].

Diperlukan juga maintenance yang tepat untuk memaksimalkan peforma dari Hydraulic Axial Pump. Dengan tujuan memaksialkan peforma, diperlukan sistem perawatan yang tepat untuk meminimalisirkan downtime. Realibility merupakan alat teoretis dan praktis dimana probabilitas dan kemampuan bagian komponen, produk, dan sistem untuk melakukan fungsi yang diperlukan dalam lingkungan tertentu untuk periode yang diinginkan, diuji dan didemonstrasikan [6].

Analisis keandalan (*reliability*) dilakukan pada komponen kritis pompa hydraulic axial pump karena komponen kritis merupakan sebuah komponen yang memiliki potensi untuk mengalami kerusakan yang dapat berpengaruh pada keandalan operasional unit dari sebuah sistem [7]. Dari komponen kritis yang ada, analisis keandalan dapat dilakukan dengan menggunakan distribusi kerusakan.

Metode yang digunakan untuk menentukan penyebab kerusakan dari komponen kritis yaitu metode *Fault Tree Analysis*. *Fault tree analysis (FTA)* adalah suatu metode grafis yang memodelkan bagaimana kegagalan satu atau lebih komponen menyebabkan kegagalan seluruh system [8].

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Objek yang diteliti adalah komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 250 liter per detik sebanyak 2 unit yang berperan vital dalam kelancaran proses permesinan di Rumah Pompa Banjardowo, Kota Semarang. Alasan pemilihan *hydraulic driven axial pump* karena unit ini memiliki peranan besar, hal ini terlihat dari fungsi *hydraulic driven axial pump 250 LPS* yaitu suatu unit yang vital untuk memindahkan banjir yang kerap terjadi di wilayah Banjardowo, Kota Semarang ke laut.



Gambar 1. Pompa Hydraulic Axial 250 LPS

Pengumpulan data dua *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 250 liter per detik yang dibutuhkan pada penelitian kali ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara melakukan observasi dan pengujian langsung. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari karyawan logistik dan operator objek penelitian, seperti gambar teknik, data spesifik, dan daftar kerusakan komponen mesin pada pompa.

2.2 Pemilihan Komponen Kritis dengan Metode *Critical Analysis*

Penentuan komponen kritis dilakukan pendekatan *critical analysis*. *Critical analysis* ini merupakan salah satu metode untuk mengidentifikasi komponen apa yang dianggap sebagai komponen kritis. Tahap pertama penentuan komponen kritis diawali dengan menentukan terlebih dahulu kriteria-kriteria dalam standar penilaian komponen kritis. Terdapat

empat kriteria dalam metode *critical analysis* dan setiap kriteria tersebut kemudian diberikan *weighting factor* (faktor bobot) dengan nilai yang berbeda sesuai dengan prioritas dari setiap kriteria terhadap kekritisan komponen sebagai berikut [9]:

1. Frekuensi Kerusakan (Bobot 4).
2. Dampak Kerusakan dan Komponen (Bobot 3).
3. Tingkat Kesulitan Proses Pembongkaran dan Pemasangan Komponen (Bobot 2).
4. Harga dan Komponen (Bobot 1).

Setelah menentukan setiap kriteria terhadap kekritisan komponen maka langkah selanjutnya membuat *grade* komponen dengan pembobotan pada masing-masing kriteria sebuah komponen. Pada Tabel 1 terlihat standar penilaian komponen kritis sebagai berikut.

Tabel 1. Standar Penilaian Komponen Kritis

No	Kriteria Penilaian	Rating Scale				
		1	2	3	4	5
1	Frekuensi Kerusakan (Bobot 4)	Frekuensi kerusakan 1 kali	Frekuensi kerusakan 2 kali	Frekuensi kerusakan 3 kali	Frekuensi kerusakan 4 kali	Frekuensi kerusakan ≥ 5 kali
2	Dampak (Bobot 3)	Pompa masih bisa beroperasi tidak ada perambatan kerusakan	-	Pompa masih bisa beroperasi ada perambatan kerusakan	-	Pompa tidak bisa beroperasi
3	Proses Repair (Bobot 2)	Proses repair <24 jam	Proses repair 1 hari	Proses repair 2 hari	Proses repair 3 hari	Proses repair 4 hari
4	Harga (Bobot 1)	<250 USD	250-499 USD	500-749 USD	750-999 USD	≥ 1000 USD

2.3 Pembuatan *Fault Tree Analysis* Komponen Kritis

Fault tree analysis (FTA) adalah suatu metode grafis yang memodelkan bagaimana kegagalan menyebar melalui sistem, yaitu, bagaimana kegagalan satu atau lebih komponen menyebabkan kegagalan seluruh system. *Fault tree analysis (FTA)* mengidentifikasi, memodelkan, dan mengevaluasi keterkaitan dari peristiwa yang mengarah ke kegagalan dan kejadian yang tidak diinginkan [10]. Diagram *Fault Tree* ini digunakan untuk mengetahui penyebab kerusakan komponen kritis pompa *hydraulic axial* 250 LPS.

2.4 Penentuan Distribusi Kerusakan yang Digunakan

Distribusi kerusakan atau *probability plot* merupakan metode yang sangat umum untuk digunakan sebagai mode distribusi keandalan. Distribusi kerusakan berisikan informasi mengenai masa atau umur pakai dari sebuah sistem atau komponen peralatan. Berikut ini adalah beberapa distribusi yang termasuk dalam distribusi kerusakan yaitu Distribusi *Weibull*, Distribusi Normal, Distribusi Lognormal, dan Distribusi *Exponential* [7].

2.5 Pengujian Distribusi Menggunakan *Goodness of Fit Test*

Probability plot atau distribusi kerusakan yang dipilih kemudian diuji dengan menggunakan *goodness of fit test* pada *software* Minitab 19. Hasil dari *goodness of fit test* ini berupa rekomendasi distribusi yang paling sesuai dengan data yang ada. Pengujian ini akan menghasilkan tiga nilai, yaitu nilai *Anderson-Darling*, nilai *correlation coefficient*, dan nilai *P-value*. Adapun syarat dalam menentukan distribusi yang paling cocok berdasarkan ketiga nilai yang ada sebagai berikut:

1. Menghasilkan nilai *Anderson-Darling* terkecil.
2. Menghasilkan nilai *correlation coefficient* terbesar.
3. Menghasilkan nilai *P-value* $\geq 0,05$ (5%).

2.6 Menentukan MTTF (*Mean Time to Failure*) Komponen Kritis

MTTF (*Mean Time to Failure*) merupakan nilai rata-rata kerusakan atau nilai yang diekspetasi dari *probability plot* pada suatu komponen atau sistem [11]. Berikut ini merupakan persamaan MTTF.

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt$$

- **Distribusi Weibull**

$$MTTF = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

θ = scale parameter (parameter skala)
 β = shape parameter (parameter bentuk)
 Nilai $\Gamma(x)$ didapat dari tabel fungsi gamma.

- **Distribusi Exponential**

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

λ = rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

- **Distribusi Normal**

$$MTTF = \mu$$

μ = nilai tengah.

- **Distribusi Lognormal**

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

μ = location parameter (parameter lokasi).
 σ = scale parameter (parameter skala).

2.7 Menentukan Reliability Komponen Kritis

Reliability atau yang dikenal sebagai keandalan dapat dijelaskan sebagai peluang dari sebuah komponen atau sistem untuk dapat melaksanakan fungsi operasional sesuai dengan standar atau syarat yang berlaku dalam periode waktu tertentu di bawah kondisi operasi tertentu terhadap komponen atau sistem tersebut [11]. Dari definisi spesifik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa keandalan (*reliability*) sangat berhubungan erat dengan empat parameter, yaitu peluang (*probability*), waktu, kinerja (*performance*), dan kondisi lingkungan operasionalnya [12]. Secara umum, persamaan *reliability* didefinisikan sebagai berikut:

- **Distribusi Weibull**

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

- **Distribusi Normal**

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)$$

- **Distribusi Lognormal**

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

2.8 Penyusunan Periodic Maintenance

Setelah nilai *lifetime prediction* dianalisa maka dapat disusun tabel *periodic maintenance* komponen kritis agar mengurangi *downtime* unit. Tabel *periodic maintenance* disesuaikan dengan jadwal *scheduled maintenance*, yaitu PS (*Periodical Service*) setiap HM (*Hour Meter*). Dengan menyusun tabel *periodic maintenance* tersebut diharapkan mampu meningkatkan hasil produksi karena unit *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 250 liter per detik dapat dikurangi waktu *downtime*-nya.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Komponen Kritis Menggunakan Critical Analysis

Komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 2000 liter per detik ini tidak semua mengalami kerusakan sampai mencapai HM (*Hour Meter*) selama 3 tahun dihitung sejak Agustus 2019 – April 2022. Penentuan komponen kritis yang terdapat pada *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 250 liter per detik dilakukan pendekatan *critical analysis*. Pendekatan ini ditujukan untuk menganalisis komponen yang dianggap kritis dari beberapa komponen yang mengalami kerusakan sesuai dengan standar penilaian komponen kritis yang terdapat pada Tabel 1. Pada Tabel 2 terlihat nilai kekritisan komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 250 liter per detik sebagai berikut.

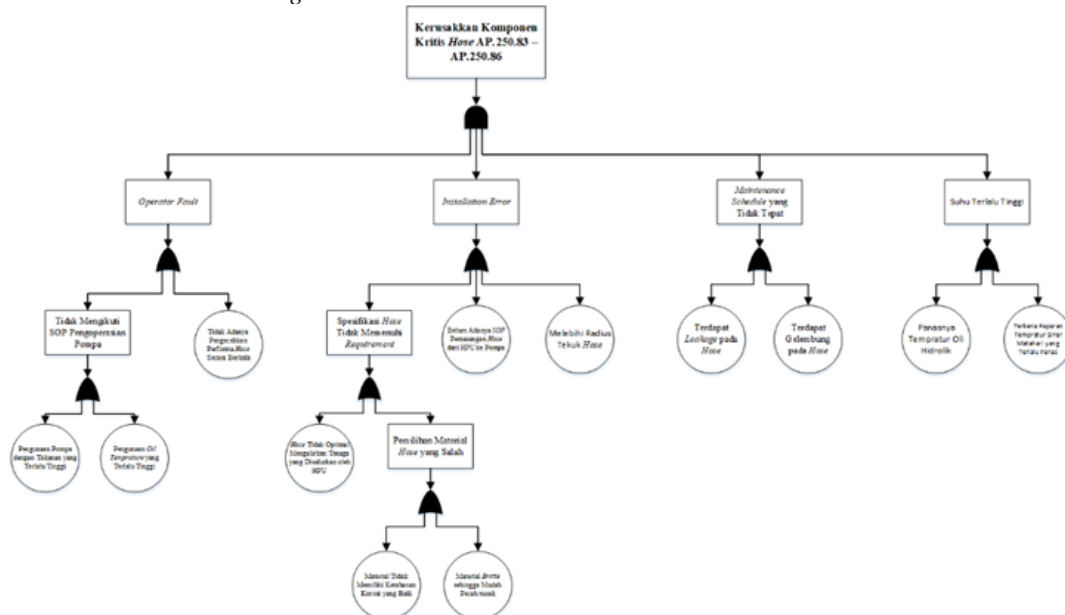
Tabel 2. Matriks Pembobotan Komponen Kerusakan

No	Part Number	Part	Kriteria 1		Kriteria 2		Kriteria 3		Kriteria 4		Nilai Total (Grade x Bobot)
			(Bobot 4)		(Bobot 3)		(Bobot 2)		(Bobot 1)		
			Grade	Grade x Bobot	Grade	Grade x Bobot	Grade	Grade x Bobot	Grade	Grade x Bobot	
1	AP.250.83	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
2	AP.250.84	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
3	AP.250.85	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
4	AP.250.86	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
5	AP.250.70	Oil Seal	3	12	3	9	4	8	1	1	30
6	AP.250.6	Seal Ring	3	12	3	9	4	8	1	1	30
7	AP.250.33	Seal Ring	3	12	3	9	4	8	1	1	30
8	AP.250.60	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
9	AP.250.75	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
10	AP.250.76	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
11	AP.250.80	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
12	AP.250.43	Out Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
13	AP.250.44	WearRing	2	8	3	9	3	6	1	1	24

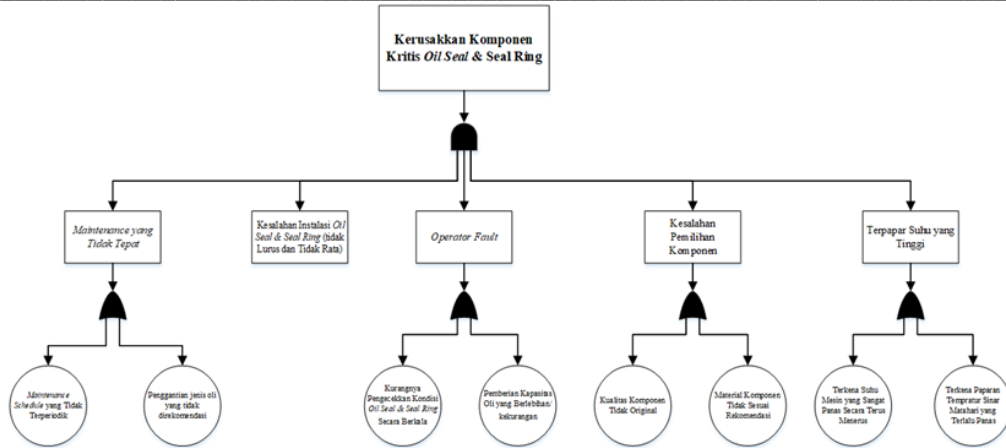
Pada Tabel 2 dapat dilihat untuk matriks pembobotan komponen kerusakan pada Pompa *Hydraulic Axial 250 LPS*. Setelah diolah, komponen kritis pada pompa *hydraulic axial 250 LPS* berjumlah 7 komponen.

3.2 Diagram Fault Tree Penyebab Kerusakan Komponen Kritis

Setelah mengetahui dan menganalisa kerusakan-kerusakan apa saja yang ada pada *hydraulic driven axial pump* dengan kapasitas 250 liter per detik maka didapatkan tujuh komponen kritis, yaitu *hose* – AP.250.83, *hose* – AP.250.84, *hose* – AP.250.85, *hose* – AP.250.86, *Oil Seal* – AP.250.70, *Seal Ring* – AP.250.6, *Seal Ring* AP.250.33. Setelah mendapatkan tujuh komponen kritis, digunakanlah diagram *Fault Tree* untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mengakibatkan terjadinya kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen tersebut. Pada Gambar 2 terlihat diagram *Fault Tree* penyebab kerusakan komponen kritis *hose*, pada gambar 3 terlihat diagram *Fault Tree* penyebab kerusakan komponen kritis *Oil Seal & Seal Ring*



Gambar 2. Fault Tree Diagram Kerusakan Komponen Kritis Hose.



Gambar 3. Fault Tree Diagram Kerusakan Komponen Kritis Oil Seal & Seal Ring.

3.3 Hasil Pengujian Goodness of Fit Test

Setelah mengetahui apa saja komponen kritis pada *Hydraulic Driven Axial Pump* kapasitas 250 liter per detik maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian menggunakan *goodness of fit test* untuk mengetahui distribusi apa yang paling cocok berdasarkan data kerusakan yang dimiliki. Dalam menentukan distribusi yang paling cocok diperlukan tiga nilai, yaitu *correlation coefficient*, *Anderson-Darling*, dan *P-value* yang diperoleh menggunakan *software* Minitab 19. Pada Tabel 3 terlihat hasil pengujian *goodness of fit test* sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Goodness of Fit

No	Part Number	Part	AD	CC	P-Value	Distribusi Terpilih
1	AP.250.83	Hose	2,830	0,978	>0,250	Weibull
2	AP.250.85	Hose	2,830	0,978	>0,250	Weibull
3	AP.250.86	Hose	2,780	0,990	>0,250	Weibull
4	AP.250.84	Hose	2,780	0,990	>0,250	Weibull
5	AP.250.70	Oil Seal	3,45	1	0,629	Lognormal
6	AP.250.6	Seal Ring	3,45	1	0,629	Lognormal
7	AP.250.33	Seal Ring	3,45	1	0,629	Lognormal
8	AP.250.60	O - Ring	4,569	1	>0,250	Weibull
9	AP.250.75	O - Ring	4,569	1	>0,251	Weibull
10	AP.250.76	O - Ring	4,569	1	>0,252	Weibull
11	AP.250.80	O - Ring	4,569	1	>0,253	Weibull
12	AP.250.43	Out Ring	4,569	1	>0,254	Weibull
13	AP.500.44	Wear Ring	4,569	1	>0,255	Weibull

3.4 Analisa MTTF Komponen Kerusakan Pompa

Setelah *probability plot* atau distribusi kerusakan untuk masing-masing komponen telah ditetapkan, kemudian langkah selanjutnya menghitung nilai MTTF. Pada Tabel 4 dan Tabel 5 terlihat hasil perhitungan nilai MTTF pada setiap komponen kerusakan pada *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 250 liter per detik sebagai berikut.

Tabel 4. Perhitungan MTTF Weibull Menggunakan Minitab 19

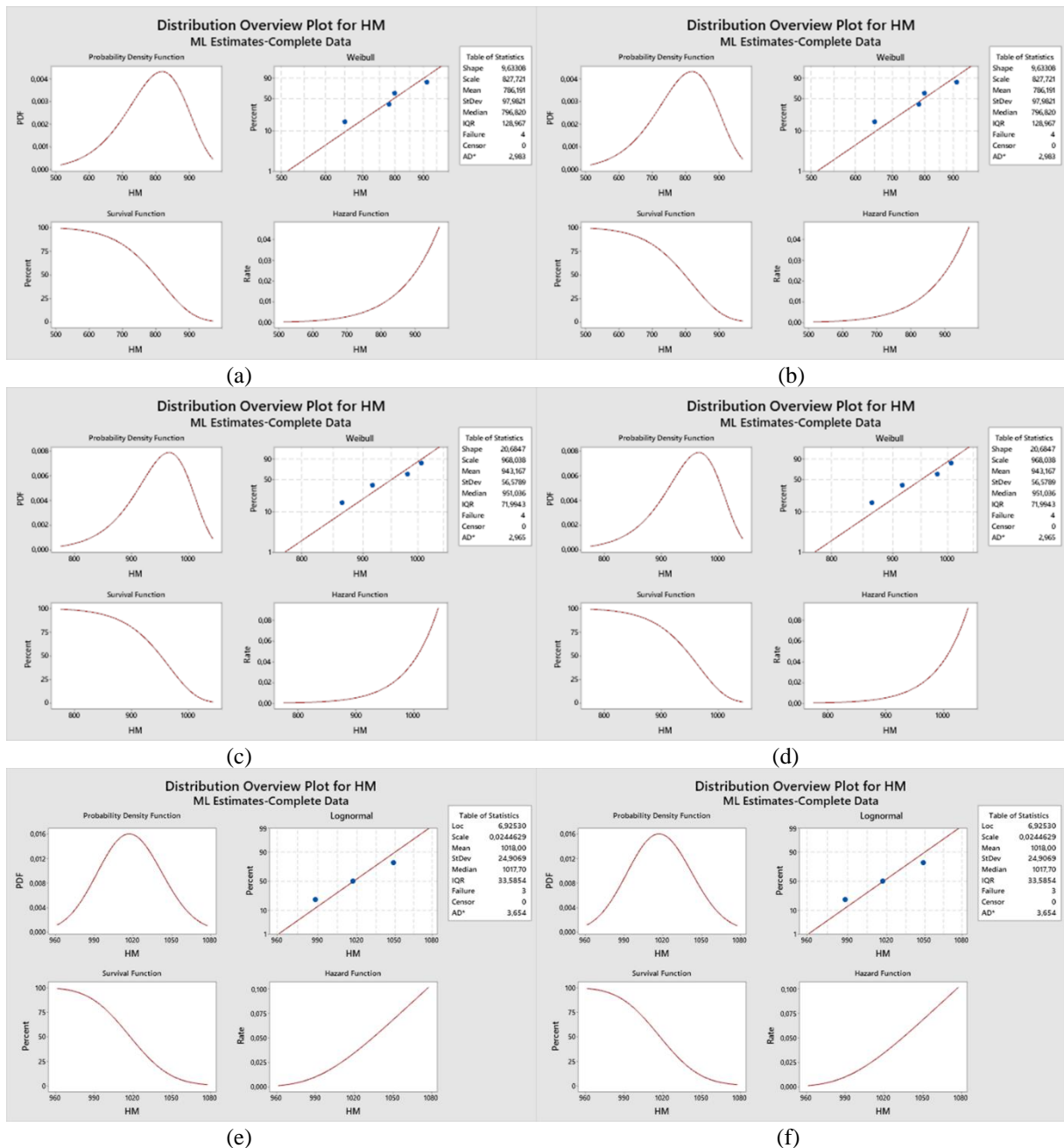
No	Part Number	Part	β	θ	$\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	MTTF
1	AP.250.83	Hose	9,63308	827,721	1,10	0,949826	786,191
2	AP.250.85	Hose	9,63308	827,721	1,10	0,949826	786,191
3	AP.250.86	Hose	20,68466	968,037	1,05	0,974308	943,167
4	AP.250.84	Hose	20,68466	968,037	1,05	0,974308	943,167
5	AP.250.60	O - Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3
6	AP.250.75	O - Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3
7	AP.250.76	O - Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3

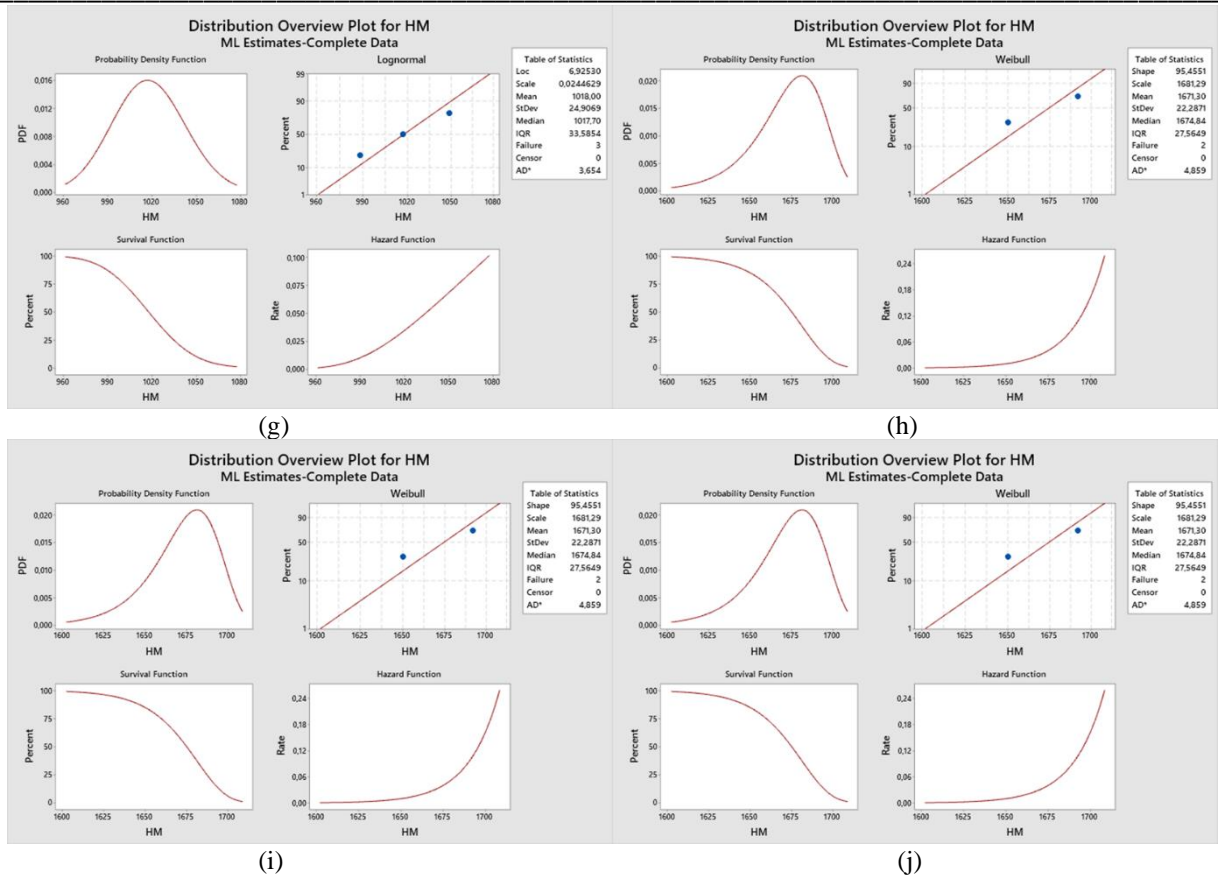
8	AP.250.80	O - Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3
9	AP.250.43	Out Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3
10	AP.250.44	Wear Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3

Tabel 5. Perhitungan MTTF Lognormal Menggunakan Minitab 19

No	Part Number	Part	μ	σ	MTTF
1	AP.250.70	Oil Seal	6,9253	0,0244629	1018
2	AP.250.6	Seal Ring	6,9253	0,0244629	1018
3	AP.250.33	Seal Ring	6,9253	0,0244629	1018

Pada Gambar 3 terlihat hasil keluaran dari *software* Minitab 19 yang memberikan simulasi grafik “*Distribution Overview Plot*” yang memuat kurva sebagai berikut.

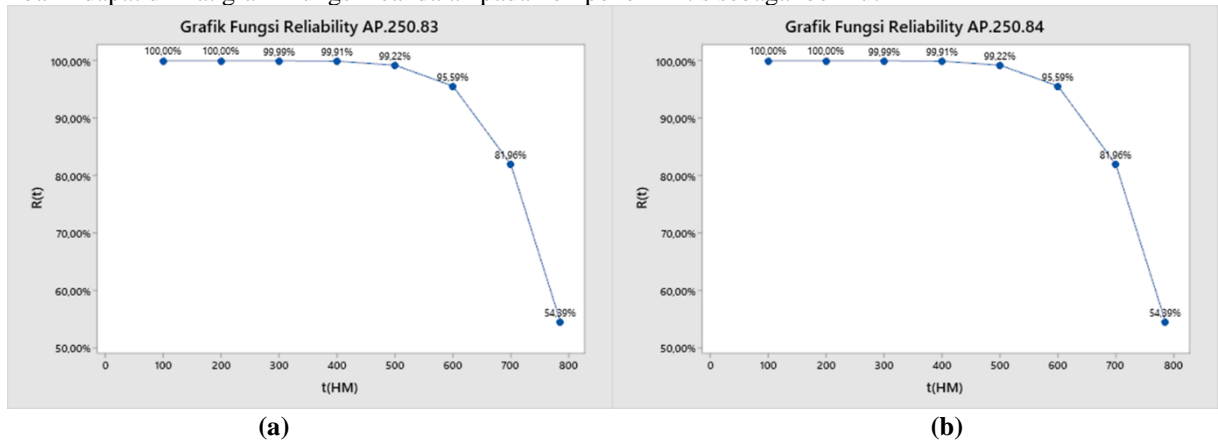


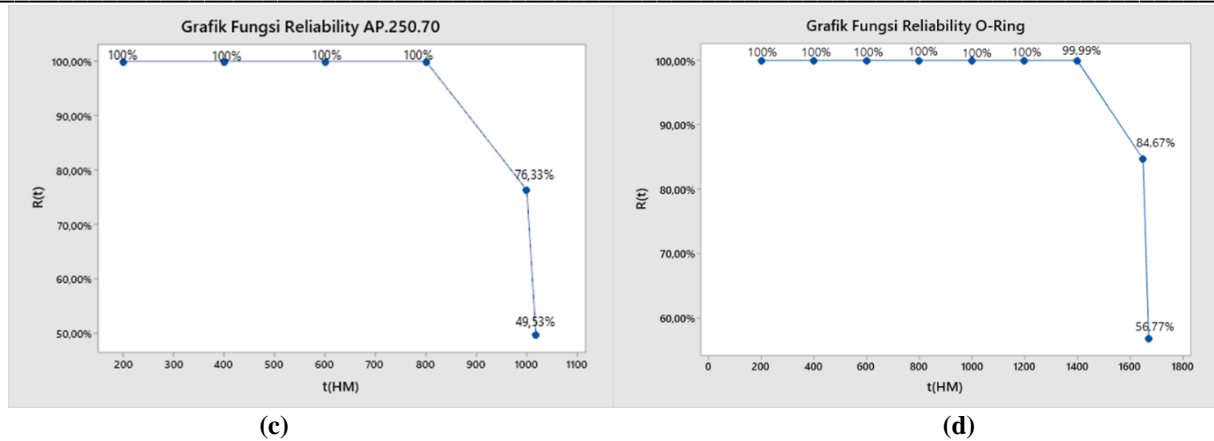


Gambar 3. Grafik Probability Plot Komponen Kerusakkan

3.5 Analisa Fungsi Keandalan Komponen Kritis

Setelah melakukan perhitungan MTTF pada setiap komponen yang mengalami kerusakan. Langkah selanjutnya melakukan analisis fungsi keandalan untuk mengetahui nilai keandalan dari masing-masing komponen yang ada. Pada Gambar 4 dapat dilihat grafik fungsi keandalan pada komponen kritis sebagai berikut





Gambar 4. Grafik Fungsi Keandalan/Reliability Komponen Kerusakkan Pompa

3.6 Penyusunan Periodic Maintenance Komponen Kerusakkan Pompa

Tabel 6. Tabel *Periodic Maintenance* Komponen Kerusakkan Pompa

No	Part Number	Part	MTTF (Hour Meter)	Interval Pergantian (Hour Meter)
1	AP.250.83	Hose	786,191	750
2	AP.250.84	Hose	786,191	750
3	AP.250.85	Hose	943,167	900
4	AP.250.86	Hose	943,167	900
5	AP.250.70	Oil Seal	1018	900
6	AP.250.6	Seal Ring	1018	900
7	AP.250.33	Seal Ring	1018	900
8	AP.250.60	O - Ring	1671,3	1500
9	AP.250.75	O - Ring	1671,3	1500
10	AP.250.76	O - Ring	1671,3	1500
11	AP.250.80	O - Ring	1671,3	1500
12	AP.250.43	Out Ring	1671,3	1500
13	AP.250.44	Wear Ring	1671,3	1500

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pemilihan komponen kritis dengan menggunakan metode *critical analysis* melalui pembobotan (*weighting factor*) menghasilkan 7 komponen kritis dari total 13 komponen yang mengalami kerusakan. Adapun 7 komponen kritis yang terpilih dengan menggunakan metode tersebut, yaitu *Hose* – AP.250.83 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.250.84 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.250.85 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.250.86 dengan nilai total 32, *Oil Seal* – AP.250.70 dengan nilai total 30, *Seal Ring* – AP.250.6 dengan nilai total 30, dan *Seal Ring* – AP.250.33 dengan nilai total 30.
2. Berdasarkan metode *Fault Tree Analysis* maka kerusakan pada komponen kritis dapat disebabkan beberapa faktor. Pada komponen kritis hose, kerusakan dapat disebabkan oleh *operator fault*, *installation error*, *maintenance schedule* yang tidak tepat, dan suhu terlalu tinggi. Sedangkan pada komponen kritis *oil seal & seal ring* dapat disebabkan oleh *maintenance* yang tidak tepat, kesalahan instalasi, *operator fault*, kesalahan pemilihan komponen dan terpapar suhu yang tinggi.
3. Terdapat dua distribusi kerusakan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *Weibull* dan *Lognormal*. Dengan menggunakan dua distribusi kerusakan tersebut didapatkan *lifetime prediction* pada setiap komponen dengan

menghitung MTTF (*Mean Time To Failure*). Berikut ini merupakan nilai MTTF masing-masing komponen, yaitu *hose* – AP.250.83 adalah 786,191 jam, *hose* – AP.250.84 adalah 786,191 jam, *hose* – AP.250.85 adalah 943,167 jam, *hose* – AP.250.86 adalah 943,167 jam, , *oil seal* – AP.250.70 adalah 1018 jam, *seal ring* – AP.250.6 adalah 1018 jam, *seal ring* – AP.250.33 adalah 1018 jam, *o-ring* – AP.250.60 adalah 1826,57 jam, *o-ring* – AP.250.75 adalah 1826,57 jam, *o-ring* – AP.250.76 adalah 1671,3 jam, *o-ring* – AP.250.80 adalah 1671,3 jam, *out ring* – AP.250.43 adalah 1671,3 jam, *wear ring* – AP.250.44 adalah 1671,3 jam.

4. Berdasarkan analisis perhitungan *reliability* maka didapatkan nilai fungsi keandalan berdasarkan nilai MTTF dari masing-masing komponen, yaitu *hose* – AP.500.83 adalah 54,41% pada 787,898 jam, *hose* – AP.500.84 adalah 54,41% pada 787,898 jam, *hose* – AP.250.83 adalah 54,39% pada 786,191 jam, *hose* – AP.250.84 adalah 54,39% pada 786,191 jam, *hose* – AP.250.85 adalah 55,76% pada 943,167 jam, *hose* – AP.250.86 adalah 55,76% pada 943,167 jam, *oil seal* – AP.250.70 adalah 49,53% pada 1018 jam, *seal ring* – AP.250.6 adalah 49,53% pada 1018 jam, *seal ring* – AP.250.33 adalah 49,53% pada 1018 jam, *o-ring* – AP.250.60 adalah 56,77% pada 1671,3 jam, *o-ring* – AP.250.75 adalah 56,77% pada 1671,3 jam, *o-ring* – AP.250.76 adalah 56,77% pada 1671,3 jam, *o-ring* – AP.250.80 adalah 56,77% pada 1671,3 jam, *out ring* – AP.250.43 adalah 56,77% pada 1671,3 jam, *wear ring* – AP.250.44 adalah 56,77% pada 1671,3 jam.
5. Berdasarkan nilai MTTF setiap komponen maka dapat disusun jadwal *periodic maintenance* untuk setiap komponen, yaitu pada interval 750 HM adalah *hose* – AP.250.83, dan *hose* – AP.250.84. Pada interval 900 HM adalah *hose* – AP.250.85, *hose* – AP.250.86, *oil seal* – AP.250.70, *seal ring* – AP.250.6, dan *seal ring* – AP.250.33. Pada interval 1500 HM adalah O-Ring – AP.250.60, O-Ring – AP.250.75, O-Ring – AP.250.76, O-Ring – AP.250.80, Out Ring – AP.250.43, Wear Ring – AP.250.44.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sulaiman, M. E., Setiawan, H., Jalil, M., Purwadi, F., Brata, A. W., & Jufda, A. S. (2020). Analisis Penyebab Banjir Di Kota Samarinda. *Jurnal Geografi Gea*, 20(1), 39-43.
- [2] Dundu, A. K. "BANJIR MANADO, APA YANG HARUS DILAKUKAN DAN OLEH SIAPA." *TEKNO*, vol. 12, no. 60, 2014.
- [3] Kurniawan, L. (2014). Kajian Banjir Rob di Kota Semarang (Kasus Dadapsari). *Jurnal ALAMI: Jurnal Air, Lahan, Lingkungan, dan Mitigasi Bencana*, 8(2).
- [4] Hicks, T. G. (2008). *Pump operation and maintenance*. Tata McGraw-Hill Education.
- [5] Iqtimal, Z., Sara, I. D., & Syahrizal, S. (2018). Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 3(1).
- [6] Kececioglu, D. (2002). *Reliability engineering handbook* (Vol. 1). DEStech Publications, Inc.
- [7] Taufik, T., & Septyani, S. (2015). Penentuan interval waktu perawatan komponen kritis pada mesin turbin di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *jurnal optimasi sistem industri*, 14(2), 238-258.
- [8] Ruijters, E., & Stoelinga, M. (2015). Fault tree analysis: A survey of the state-of-the-art in modeling, analysis and tools. *Computer science review*, 15, 29-62. [3] Hicks, T. G. (2008). *Pump operation and maintenance*. Tata McGraw-Hill Education.
- [9] Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 350-366.
- [10] Ericson, C. A. (1999, August). Fault tree analysis. In *System Safety Conference*, Orlando, Florida (Vol. 1, pp. 1-9).
- [11] Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- [12] Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 350-366.