

## Analisa Perhitungan Kehandalan Dengan Metode *Fishbone* Serta *Lifetime Prediction* Untuk Kapasitas Pompa 1000 Liter Per Detik

\*Muhammad Ali Yafi<sup>1</sup>, Ismoyo Haryanto<sup>2</sup>, Gunawan Dwi Haryadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: [aliyafi39@gmail.com](mailto:aliyafi39@gmail.com)

### Abstrak

Kawasan Kota Semarang hampir setiap musim hujan mengalami bencana banjir yang disebabkan karena tidak terkendalinya aliran sungai akibat kenaikan debit, adanya kerusakan lingkungan pada daerah hulu (wilayah atas Kota Semarang, atau daerah tangkapan air). Dalam menghadapi permasalahan tersebut, diperlukan pompa yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengalirkan fluida. Salah satu pompa yang digunakan di Kota Semarang adalah *Hydraulic Axial Pump* berkapasitas 1000 liter per detik. Agar sistem perawatan lebih terjadwal maka perlu diketahui *reliability* dari masing-masing komponen kritis pada pompa. *Reliability* didapatkan dengan menggunakan metode *probability plot* dan *fishbone root cause analysis* untuk menentukan penyebab kerusakan pada komponen kritis. Hasil yang diperoleh pada analisis tersebut adalah enam komponen kritis yang memiliki nilai MTTF dan *reliability*, yaitu *hose* – AP.600.83 adalah 54,41% pada 787,898 jam, *hose* – AP.600.84 adalah 54,41% pada 787,898 jam, *hose* – AP.600.85 adalah 55,81% pada 945,149 jam, *hose* – AP.600.86 adalah 55,81% pada 945,149 jam. Dari kedua nilai tersebut dibuatlah jadwal *periodic maintenance* pada setiap komponen pompa.

Kata kunci: *fishbone root cause analysis*; *hydraulic axial pump*; *mttf*; *periodic maintenance*; *reliability*

### Abstract

The Semarang City area almost every rainy season experiences floods caused by uncontrolled river flow due to increased discharge, and environmental damage in upstream areas (upper area of Semarang City, or water catchment areas). With these problems, a pump is needed to move liquid from one place to another by flowing fluid. One of the pumps used in Semarang City is a hydraulic axial pump with a capacity of 1000 liters per second. a good and scheduled maintenance system is needed. For the maintenance system to be more easily scheduled, it is necessary to know the reliability of each critical component of the pump. Reliability was obtained by using the probability plot method and fishbone root cause analysis to determine the cause of damage to critical components. The results obtained in the analysis are six critical components that have MTTF and reliability values, namely hose – AP.600.83 is 54,41% at 787,898 hours, hose – AP.600.84 is 54,41% at 787,898 hours, hose – AP.600.85 is 55,81% at 945,149 hours, hose – AP.600.86 is 55,81% at 945,149 hours. From these two values, a periodic maintenance schedule is made for each pump component.

Keywords: *fishbone root cause analysis*; *hydraulic axial pump*; *mttf*; *periodic maintenance*; *reliability*;

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan, secara geografis terletak di persimpangan tiga lempeng utama, lempeng Eurasia di utara dan lempeng Pasifik Timur dan lempeng Indonesia - Australia di selatan menyebabkan Indonesia rawan terhadap bencana alam seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, dan tsunami [1]. Kota Semarang merupakan suatu wilayah di Indonesia yang juga tak luput dari peristiwa bencana banjir. Penyebab bencana banjir di Kota Semarang dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu adanya tempat topografi yang tidak seragam dan mempunyai tanah yang jenuh di kawasan pesisir yang mempunyai kemiringan relatif datar, pembuangan sampah pada dasar sungai dan mengendap di dasarnya seperti sedimentasi, sistem drainase yang tidak tepat dan tidak terawat dan tidak adanya rumah pompa sebagai fasilitas untuk mengalirkan fluida dari suatu tempat yang mengalami kebanjiran ke sungai/laut [2].

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan mitigasi bencana banjir yaitu merendam pompa air dengan membangun rumah pompa. Pompa air dapat dipasang di beberapa tempat rawan banjir untuk merespon bencana banjir Semarang. Pompa adalah mesin atau alat mekanis yang digunakan untuk membawa fluida dari tekanan rendah ke tekanan

tinggi, untuk memperlancar aliran dari tekanan rendah ke tekanan tinggi, dan sebagai penguat aliran dalam sistem perpipaan [3].

Pompa memiliki banyak jenis sesuai kegunaannya, salah satunya yaitu *Hydraulic Axial Pump*. *Hydraulic Axial Pump* adalah pompa yang bekerja dengan cara menghisap oli dari tangka hidrolik dan mendorongnya kedalam sistem hidrolik dalam bentuk aliran. 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 [4].

Berdasarkan hal diatas, pompa memiliki peranan yang besar dan penting untuk menanggulangi masalah banjir. Untuk menjaga umur dan performansi pompa, perlu diadakan maintenance yang berkala dan terperiodik. Maintenance merupakan proses atau rangkaian kegiatan untuk memastikan suatu alat, mesin, atau sistem berfungsi dengan baik, bekerja secara berkesinambungan dan mencapai reliability yang baik. Reliability 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 [5].

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 [6]. 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 Diagram *fishbone*. Diagram *fishbone* adalah salah satu RCA yang menyediakan cara sistematis untuk melihat efek dan penyebab yang menciptakan atau berkontribusi pada suatu permasalahan [7].

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Pengumpulan Data

Objek yang diteliti adalah komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 1000 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* 1000 LPS yaitu suatu unit yang vital untuk memindahkan banjir yang kerap terjadi di wilayah Banjardowo, Kota Semarang ke laut.



Gambar 1. Pompa Hydraulic Axial 1000 LPS

Pengumpulan data dua *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 1000 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 [8]:

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 $\geq 5$ 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	$\geq 1000$ USD

### 2.3 Pembuatan Diagram *Fishbone* Komponen Kritis

Diagram fishbone dikenal juga sebagai diagram Ishikawa karena dipelopori oleh seorang ahli statistik kontrol kualitas yang berasal dari Jepang yang bernama Kaoru Ishikawa pada tahun 1960. Diagram fishbone adalah salah satu RCA yang menyediakan cara sistematis untuk melihat efek dan penyebab yang menciptakan atau berkontribusi pada suatu permasalahan. [9]. Diagram *Fishbone* ini digunakan untuk mengetahui penyebab kerusakan komponen kritis pompa *hydraulic axial* 1000 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* [6].

### 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 [10]. Berikut ini merupakan persamaan MTTF.

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

- **Distribusi Weibull**

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

$\theta$  = scale parameter (parameter skala)

$\beta$  = shape parameter (parameter bentuk)

Nilai  $\Gamma(x)$  didapat dari tabel fungsi gamma.

- **Distribusi Exponential**

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

$\lambda$  = rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

- **Distribusi Normal**

$$\text{MTTF} = \mu$$

$\mu$  = nilai tengah.

- **Distribusi Lognormal**

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

$\mu$  = location parameter (parameter lokasi).  
 $\sigma$  = 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 [10]. 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 [11]. 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

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

## 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 1000 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 1000 liter per detik ini tidak semua mengalami kerusakan sampai mencapai HM (*Hour Meter*) selama 3 tahun terhitung sejak Agustus 2019 – April 2022. Penentuan komponen kritis yang terdapat pada *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 1000 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 kekritisitas komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 1000 liter per detik sebagai berikut.

**Tabel 2.** Matriks Pembobotan Komponen Kerusakan

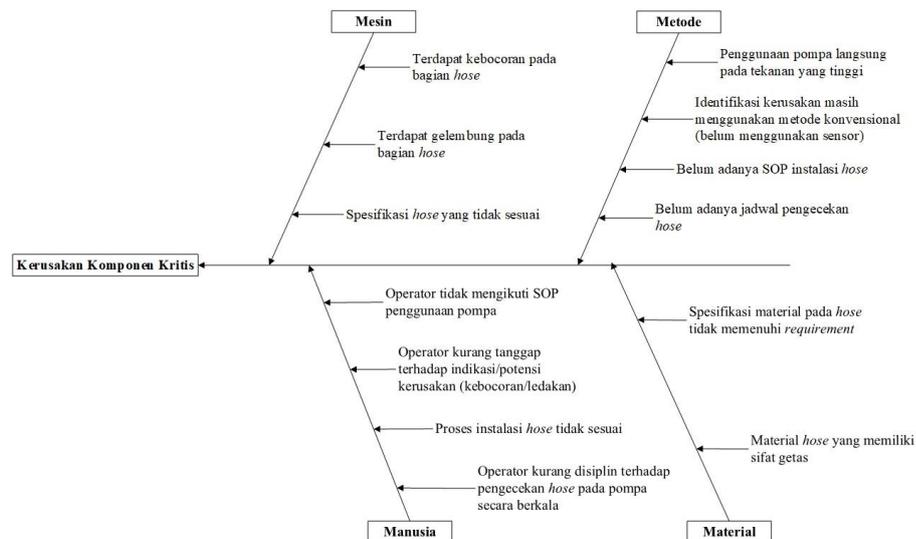
No	Part Number	Part	Kriteria 1 (Bobot 4)		Kriteria 2 (Bobot 3)		Kriteria 3 (Bobot 2)		Kriteria 4 (Bobot 1)		Nilai Total (Grade x Bobot)
			Grade	Grade x Bobot							
			1	AP.600.83	Hose	4	16	3	9	3	
2	AP.600.84	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
3	AP.600.85	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
4	AP.600.86	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
5	AP.600.6	Seal Ring	3	12	3	9	4	8	1	1	30
6	AP.600.33	Seal Ring	3	12	3	9	4	8	1	1	30
7	AP.600.60	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24

8	AP.600.75	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
9	AP.600.43	Out Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
10	AP.600.44	Wear Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24

Pada Tabel 2 dapat dilihat untuk matriks pembobotan komponen kerusakan pada Pompa *Hydraulic Axial 1000 LPS*. Setelah diolah, komponen kritis pada pompa *hydraulic axial 1000 LPS* berjumlah 4 komponen.

### 3.2 Diagram Fishbone Penyebab Kerusakan Komponen Kritis

Setelah mengetahui dan menganalisa kerusakan-kerusakan apa saja yang ada pada *hydraulic driven axial pump* dengan kapasitas 1000 liter per detik maka didapatkan empat komponen kritis, yaitu *hose* – AP.600.83, *hose* – AP.600.84, *hose* – AP.600.85, *hose* – AP.600.86. Setelah mendapatkan empat komponen kritis, digunakanlah diagram *Fishbone* untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mengakibatkan terjadinya kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen tersebut. Pada Gambar 2 terlihat diagram *Fishbone* penyebab kerusakan komponen kritis *hose*.



Gambar 2. Diagram *Fishbone* Kerusakan Komponen Kritis *Hose*.

### 3.3 Hasil Pengujian *Goodness of Fit Test*

Setelah mengetahui apa saja komponen kritis pada *Hydraulic Driven Axial Pump* kapasitas 1000 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.600.83	Hose	2,833	2,828	2,840	4,314
2	AP.600.84	Hose	2,833	2,828	2,840	4,314
3	AP.600.85	Hose	2,778	2,794	2,799	4,555
4	AP.600.86	Hose	2,778	2,794	2,799	4,555
5	AP.600.6	Seal Ring	3,45	3,439	3,44	4,588
6	AP.600.33	Seal Ring	3,45	3,439	3,44	4,588
7	AP.600.60	O - Ring	3,45	3,439	3,44	4,588
8	AP.600.75	O - Ring	4,569	4,569	4,569	4,986
9	AP.600.43	Out Ring	4,569	4,569	4,569	4,986
10	AP.600.44	Wear Ring	4,569	4,569	4,569	4,986

### 3.4 Analisa MTTF Komponen Kerusakkan 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 1000 liter per detik sebagai berikut.

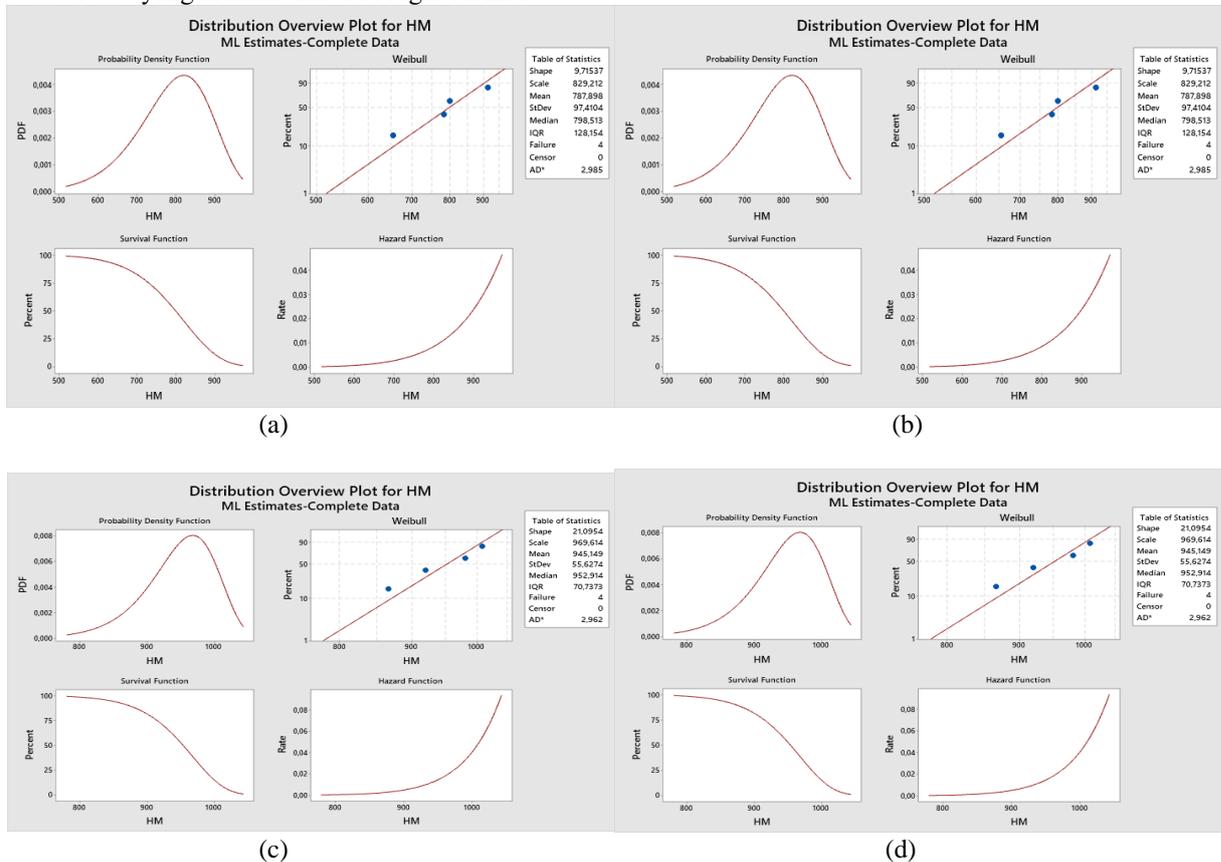
**Tabel 4.** Perhitungan MTTF Weibull Menggunakan Minitab 19

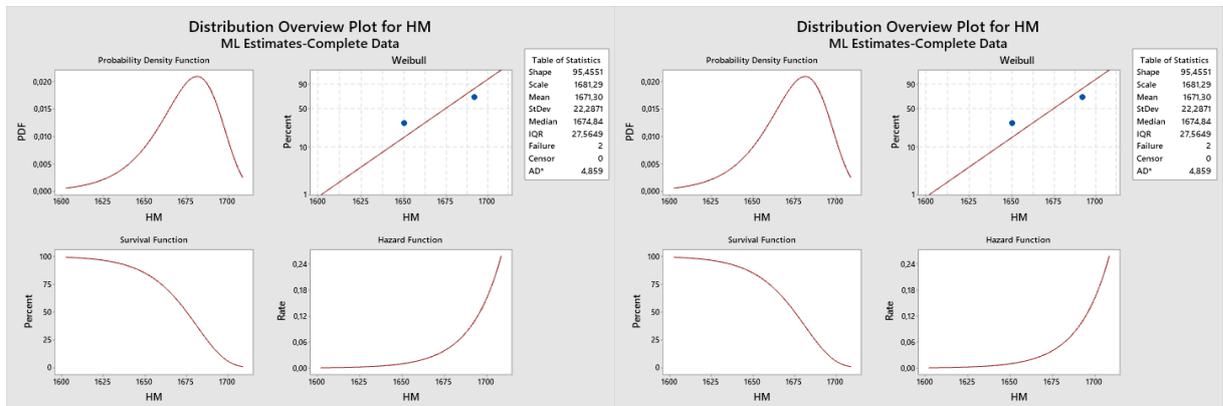
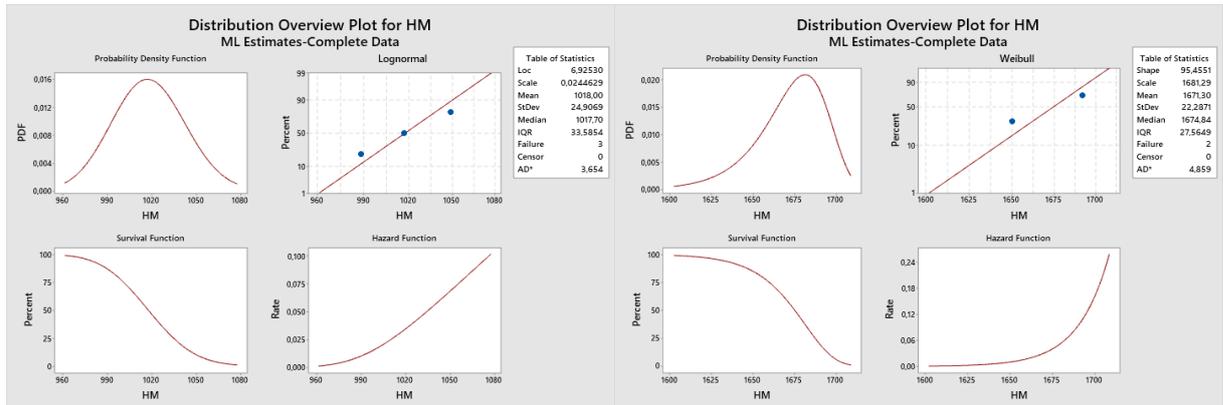
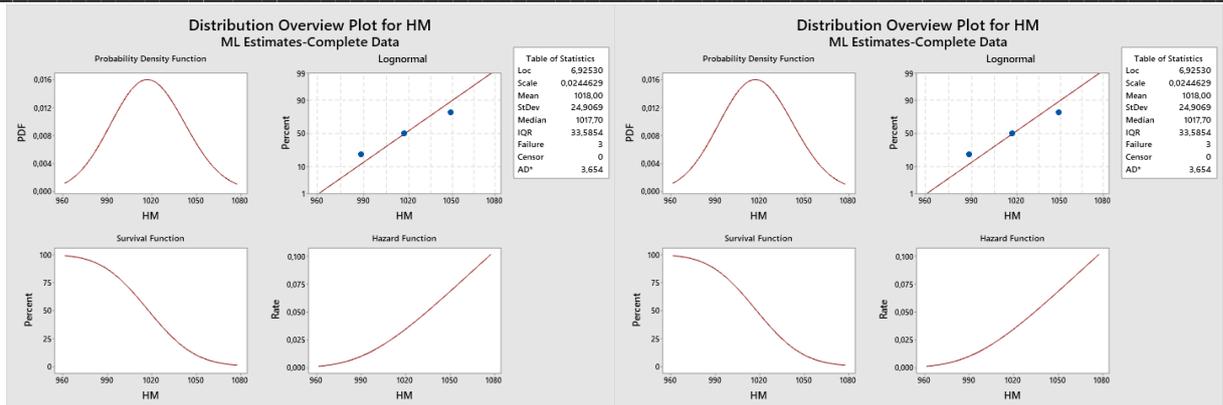
No	Part Number	Part	$\beta$	$\theta$	$\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	MTTF
1	AP.600.83	Hose	9,71537	829,212	1,10	0,951351	787,898
2	AP.600.84	Hose	9,71537	829,212	1,10	0,951351	787,898
3	AP.600.85	Hose	21,0954	969,614	1,05	0,973504	945,149
4	AP.600.86	Hose	21,0954	969,614	1,05	0,973504	945,149
5	AP.600.75	O - Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3
6	AP.600.43	Out Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3
7	AP.600.44	Wear Ring	95,4551	1681,29	1,01	0,994326	1671,3

**Tabel 5.** Perhitungan MTTF Lognormal Menggunakan Minitab 19

No	Part Number	Part	$\mu$	$\sigma$	MTTF
1	AP.600.6	Seal Ring	6,9253	0,0244629	1018
2	AP.600.33	Seal Ring	6,9253	0,0244629	1018
3	AP.600.60	O 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.

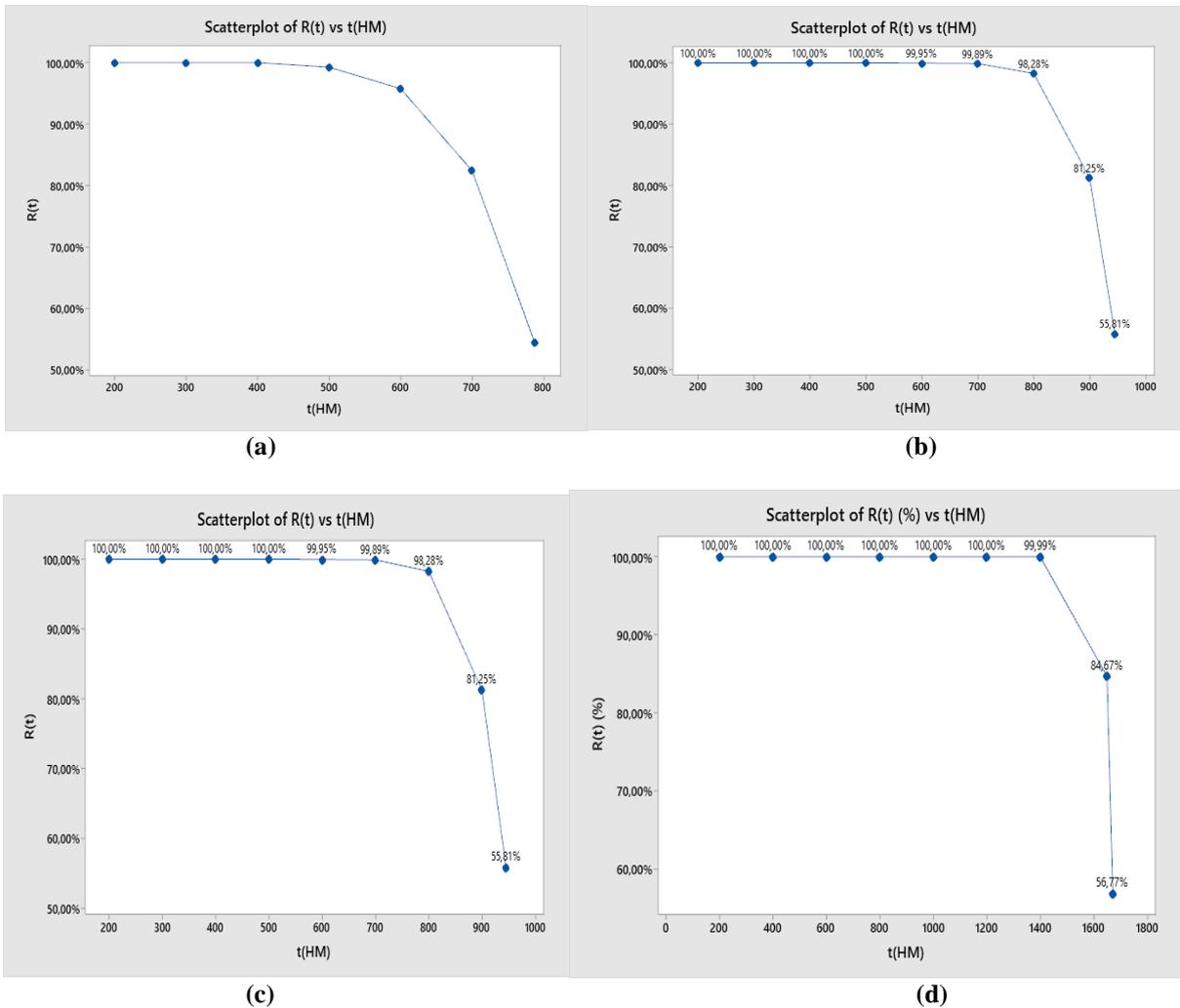




**(i) (j)**  
**Gambar 3.** Grafik Probability Plot Komponen Kerusakkan

### 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 Kerusakan Pompa

### 3.6 Penyusunan Periodic Maintenance Komponen Kerusakan Pompa

Tabel 6. Tabel Periodic Maintenance Komponen Kerusakan Pompa

No	Part Number	Part	MTTF (Hour Meter)	Interval Pergantian (Hour Meter)
1	AP.600.83	Hose	787	750
2	AP.600.84	Hose	787	750
3	AP.600.85	Hose	945	900
4	AP.600.86	Hose	945	900
5	AP.600.6	Seal Ring	1018	1000
6	AP.600.33	Seal Ring	1018	1000
7	AP.600.60	O - Ring	1018	1000
8	AP.600.75	O - Ring	1671	1600

9	AP.600.43	Out Ring	1671	1600
10	AP.600.44	Wear Ring	1671	1600

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian Analisis *Reliability* Komponen Kritis *Hydraulic Axial Pump* 1000 LPS Menggunakan Distribusi Kerusakan dan *Fault Tree Analysis* yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pemilihan komponen kritis dengan menggunakan metode *critical analysis* melalui pembobotan (*weighting factor*) menghasilkan 4 komponen kritis dari total 10 komponen yang mengalami kerusakan. Adapun 4 komponen kritis yang terpilih dengan menggunakan metode tersebut, yaitu *Hose* – AP.600.83 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.600.84 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.600.85 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.600.86 dengan nilai total 32.
2. Berdasarkan metode fishbone root cause analysis maka kerusakan pada komponen kritis dapat disebabkan oleh empat faktor, yaitu mesin, manusia, metode, dan material. Pada faktor mesin, hose mengalami kebocoran, gelembung yang akan mengakibatkan hose meledak, dan spesifikasi hose yang tidak sesuai dengan sistem. Selain itu untuk faktor manusia berfokus pada operator yang tidak mengikuti SOP, operator kurang tanggap terhadap kerusakan, operator kurang disiplin terhadap pengecekan hose, dan instalasi hose yang tidak sesuai. Kemudian ada faktor metode, belum adanya SOP instalasi, belum adanya jadwal pengecekan hose, penggunaan pompa langsung pada tekanan tinggi, dan identifikasi kerusakan masih menggunakan metode konvensional. Faktor terakhir, yaitu material dapat dilihat dari spesifikasi material hose yang tidak memenuhi requirement dan material hose yang memiliki sifat getas.
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.600.83 adalah 787,898 jam, *hose* – AP.600.84 adalah 787,898 jam, *hose* – AP.600.85 adalah 945,149 jam, *Hose* – AP.600.86 adalah 945,149 jam, *seal ring* – AP.600.6 adalah 1018 jam, *seal ring* – AP.600.33 adalah 1018 jam, *o-ring* – AP.600.60 adalah 1018 jam, *o-ring* – AP.600.75 adalah 1826,57 jam, *out ring* – AP.600.43 adalah 1826,57 jam, *wear ring* – AP.600.44 adalah 1826,57 jam.
4. Berdasarkan analisis perhitungan *reliability* maka didapatkan nilai fungsi keandalan berdasarkan nilai MTTF dari masing-masing komponen, yaitu *hose* – AP.600.83 adalah 54,41% pada 787,898 jam, *hose* – AP.600.84 adalah 54,41% pada 787,898 jam, *hose* – AP.600.85 adalah 55,81% pada 945,149 jam, *Hose* – AP.600.86 adalah 55,81% pada 945,149 jam, *seal ring* – AP.600.6 adalah 49,53% pada 1018 jam, *seal ring* – AP.600.33 adalah 49,53% pada 1018 jam, *o-ring* – AP.600.60 adalah 49,53% pada 1018 jam, *o-ring* – AP.600.75 adalah 56,77% pada 1671,3 jam, *out ring* – AP.600.43 adalah 56,77% pada 1671,3 jam, *wear ring* – AP.600.44 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.600.83, dan *hose* – AP.600.84. Pada interval 900 HM adalah *hose* – AP.600.85, *Hose* – AP.600.86. Pada interval 1000 HM *seal ring* – AP.600.6, *seal ring* – AP.600.33, dan *O-Ring* – AP.600.60. Pada interval 1600 HM adalah *O-Ring* – AP.600.75, *Out Ring* – AP.600.43, *Wear Ring* – AP.600.44

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Dundu, A. K. (2014). BANJIR MANADO, APA YANG HARUS DILAKUKAN DAN OLEH SIAPA. *TEKNO*, 12(60).
- [2] 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.
- [3] Hicks, T. G. (2008). *Pump operation and maintenance*. Tata McGraw-Hill Education.
- [4] Harahap, S., & Fakhruddin, M. I. (2018). Perancangan Pompa Sentrifugal untuk Water Treatment Plant Kapasitas 0.25 M<sup>3</sup>/S Pada Kawasan Industri Karawang. *Prosiding Semnastek*.
- [5] Kececioğlu, D. (2002). *Reliability engineering handbook* (Vol. 1). DEStech Publications, Inc.
- [6] 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.
- [7] 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.

- 
- [8] Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 350-366.
- [9] Ilie, G., & Ciocoiu, C. N. (2010). Application of Fishbone Diagram to Determine The Risk of an Event with Multiple Causes. *MANAGEMENT RESEARCH AND PRACTICE*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-20.
- [10] Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.