

ANALISIS *RELIABILITY* KOMPONEN KRITIS *HYDRAULIC AXIAL PUMP 2000 LPS* MENGGUNAKAN *PROBABILITY PLOT* DAN *FISHBONE ROOT CAUSE ANALYSIS*

* Tommy Ari Prabowo¹, Gunawan Dwi Haryadi², Agus Suprihanto²,

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

² Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

Email: tommyaprabowo@students.undip.ac.id

Abstrak

Banjir menjadi suatu permasalahan umum yang dihadapi oleh kota-kota besar di Negara Indonesia dan salah satunya adalah Kota Semarang. Kawasan Kota Semarang hampir setiap musim hujan mengalami bencana banjir yang disebabkan karena tidak terkendalinya aliran sungai akibat kenaikan debit, pendangkalan dasar badan sungai dan penyempitan sungai karena sedimentasi, 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 cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengalirkan fluida. Salah satu pompa yang digunakan di Kota Semarang adalah *Hydraulic Axial Pump* berkapasitas 2000 liter per detik. Untuk menjaga performa dan kualitas dari pompa agar tetap dapat beroperasi secara optimal maka diperlukan sebuah sistem perawatan atau *maintenance* yang baik dan terjadwal. 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.850.83 adalah 54,15% pada 787,244 jam, *hose* – AP.850.84 adalah 50,59% pada 962,637 jam, *hose* – AP.850.85 adalah 54,15% pada 787,244 jam, *hose* – AP.850.86 adalah 54,15% pada 787,244 jam, *hose* – AP.850.87 adalah 50,59% pada 962,637 jam, dan *hose* – AP.850.88 adalah 50,59% pada 962,637 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, probability plot, reliability*

Abstract

Floods are a common problem faced by big cities in Indonesia and one of them is Semarang City. The Semarang City area almost every rainy season experiences floods caused by uncontrolled river flow due to increased discharge, shallowing of the riverbed and narrowing of the river due to sedimentation, 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 2000 liters per second. To maintain the performance and quality of the pump so that it can still be used. To operate optimally, 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.850.83 is 54.15% at 787.244 hours, *hose* – AP.850.84 is 50.59% at 962.637 hours, *hose* – AP.850.85 is 54.15% at 787.244 hours, *hose* – AP.850.86 is 54.15% at 787.244 hours, *hose* – AP.850.87 is 50.59% at 962.637 hours, and *hose* – AP.850.88 is 50.59% at 962.637 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, probability plot, reliability*

1. Pendahuluan

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain banjir, tanah longsor, gempa bumi, tsunami, gunung meletus, kekeringan, dan angin topan [1]. Salah satu bencana alam yang sering terjadi dan menjadi permasalahan umum di Negara Indonesia adalah banjir. Kerugian yang dapat ditimbulkan dari adanya bencana banjir ini cukup besar, baik dari segi materi maupun kerugian jiwa. Hal ini bisa

dilihat dari terjadinya pendangkalan, terganggunya jalur lalu lintas, rusaknya lahan pertanian, pemukiman, jembatan, saluran irigasi, dan prasarana fisik lainnya.

Salah satu wilayah di Negara Indonesia yang sering terkena banjir adalah Kota Semarang. Banjir menjadi bencana utama yang dihadapi Kota Semarang dikarenakan genangan yang cukup lama. Kawasan Kota Semarang hampir setiap musim hujan mengalami bencana banjir yang pada umumnya disebabkan karena tidak terkendalinya aliran sungai, akibat kenaikan debit, pendangkalan dasar badan sungai dan penyempitan sungai karena sedimentasi, adanya kerusakan lingkungan pada daerah hulu (wilayah atas Kota Semarang) atau daerah tangkapan air [2]. Salah satu upaya untuk mencegah dan mengurangi dampak dari bencana banjir yaitu dengan menggunakan pompa di daerah titik-titik rawan banjir di Kota Semarang.

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara mengalirkan fluida [3]. Pompa memiliki berbagai macam jenis yang tersedia untuk berbagai macam keperluan yang spesifik, salah satunya adalah *Hydraulic Axial Pump*. Pompa yang telah beroperasi dengan waktu yang cukup lama perlu dilakukan evaluasi keandalan untuk mengetahui keandalan sistem dan kerusakan masing-masing komponen. Keamanan dan keselamatan pengoperasian suatu mesin akan dapat terpenuhi jika sistem yang ada berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Dalam menjamin performa suatu pompa bisa beroperasi dengan baik dan optimal diperlukan adanya suatu sistem perawatan yang baik karena kelancaran proses produksi dipengaruhi oleh perawatan yang diterapkan. Perawatan atau yang biasa disebut sebagai *maintenance* merupakan sebuah aktivitas yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi suatu fasilitas (mesin, peralatan, serta sebuah sistem) tetap berada pada kondisi dimana sistem tersebut dapat beroperasi/berfungsi dengan baik yang dilakukan dengan cara membatasi dan menghilangkan kerusakan pada sistem tersebut [4]. Selain itu, perawatan juga dibutuhkan untuk meningkatkan keandalan dari sebuah sistem.

Keandalan dan perawatan merupakan sebuah teknik yang dipelajari oleh seorang *engineer* untuk mengkarakterisasi, mengukur, dan menganalisis kegagalan dan perbaikan dari sebuah sistem untuk meningkatkan penggunaan operasionalnya yang dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti meningkatkan umur desainnya, menghilangkan atau mengurangi kemungkinan kegagalan dan risiko keselamatan, dan mengurangi *downtime* sehingga meningkatkan waktu suatu sistem untuk dapat beroperasi secara optimal [5].

Analisis keandalan ini dilakukan pada komponen kritis yang terdapat pada suatu sistem karena komponen kritis merupakan sebuah komponen yang memiliki potensi untuk mengalami kerusakan yang dapat berpengaruh pada keandalan operasional unit dari sebuah sistem [6]. Dalam menentukan suatu komponen kritis dapat dilihat dari frekuensi kerusakan pada suatu komponen, komponen yang memiliki dampak kerusakan pada suatu sistem, pembongkaran serta pemasangan suatu komponen, dan biaya untuk komponen tersebut. Dari komponen kritis yang sudah ada dapat dianalisis suatu keandalan pada komponen kritis tersebut dengan menggunakan distribusi kerusakan. Distribusi kerusakan adalah informasi mengenai umur pakai suatu komponen atau sistem [6]. Distribusi kerusakan yang paling umum digunakan adalah Distribusi *Weibull*, *Exponential*, *Lognormal*, dan *Normal*.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Objek penelitian kali ini adalah dua unit *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 2000 liter per detik yang terpasang di Rumah Pompa Pasar Waru, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Hydraulic Driven Axial Pump* ini termasuk kedalam kategori pompa *axial* dimana pompa *axial* adalah pompa yang memindahkan zat cair secara *axial*. Pompa jenis ini berfungsi untuk memindahkan fluida kerja dengan arah yang sejajar terhadap sumbu atau poros impellernya. Pompa *axial* ini telah banyak digunakan dalam pengendalian banjir dan drainase [7]. Gambar dua unit *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 2000 liter per detik dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Dua Unit *Hydraulic Axial Pump* Berkapasitas 2000 Liter per Detik

Pengumpulan data dua *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 2000 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. Pembuatan Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* yang terlihat seperti tulang ikan adalah salah satu *Root Cause Analysis* yang di dalamnya terdapat pemodelan untuk korelasi antara suatu peristiwa (efek) dan berbagai penyebab yang terjadi [9]. Setiap penyebab akan diselidiki agar diketahui penyebab dari kerusakannya berdasarkan empat faktor, yaitu *machine* (mesin), *man power* (manusia), *method* (metode), dan material. Diagram *fishbone* ini dapat digunakan untuk mengetahui penyebab *flow rate* tidak memenuhi spesifikasi dan mengetahui penyebab kerusakan komponen kritis.

2.3. 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 [10]:

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	250-499USD	500-749 USD	750-999 USD	≥ 1000 USD

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 [5]. Berikut ini merupakan persamaan MTTF.

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (1)$$

Untuk, $f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt}$
Sehingga:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2)$$

- Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

θ = *scale parameter* (parameter skala).

β = *shape parameter* (parameter bentuk).

Dimana $\Gamma(1+1/\beta) \rightarrow \Gamma(x)$ =tabel fungsi gamma

- Distribusi *Exponential*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

Keterangan:

λ = rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

- Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (5)$$

Keterangan:

μ = nilai tengah.

- Distribusi Lognormal

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2} \quad (6)$$

Keterangan:

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 [5]. 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 [10]. Secara umum, persamaan *reliability* didefinisikan sebagai berikut:

- Distribusi *Weibull*

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}} \quad (7)$$

- Distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) \quad (8)$$

- Distribusi Lognormal

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \quad (9)$$

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 2000 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 4 tahun dari bulan Januari 2018 hingga Januari 2022. Penentuan komponen kritis yang terdapat pada *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 2000 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 2000 liter per detik sebagai berikut.

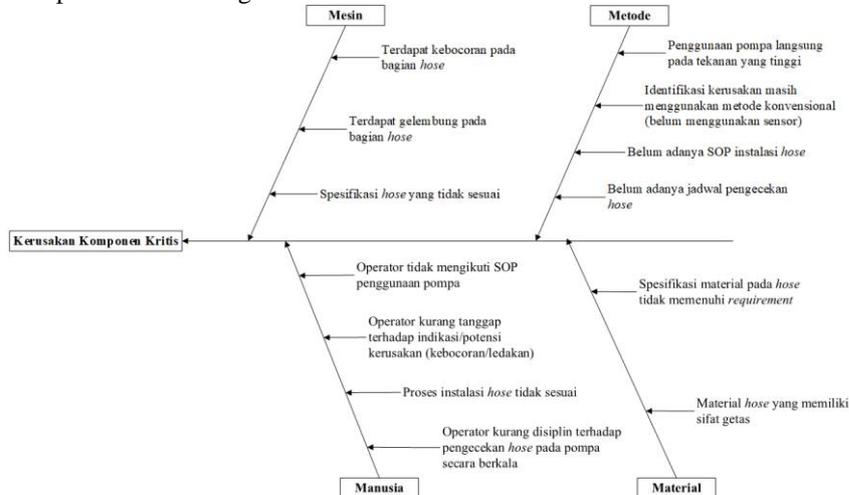
Tabel 2. Matriks Pembobotan Komponen Kritis

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.850.85	Hose	5	20	3	9	4	8	2	2	39
2	AP.850.86	Hose	5	20	3	9	4	8	2	2	39
3	AP.850.84	Hose	5	20	3	9	4	8	2	2	39
4	AP.850.87	Hose	5	20	3	9	4	8	2	2	39
5	AP.850.83	Hose	5	20	3	9	4	8	1	1	38
6	AP.850.88	Hose	5	20	3	9	4	8	1	1	38
7	AP.850.70	Oil Seal	3	12	3	9	4	8	1	1	30
8	AP.850.6	Seal Ring	3	12	3	9	4	8	1	1	30
9	AP.850.33	Seal Ring	3	12	3	9	4	8	1	1	30
10	AP.850.38	Carbon Brush	3	12	3	9	4	8	1	1	30
11	AP.850.52	Bearing Housing	2	8	3	9	4	8	4	4	29
12	AP.850.42	Bellmouth	2	8	3	9	4	8	4	4	29
13	AP.850.20	Bearing	2	8	3	9	4	8	4	4	29
14	AP.850.26	Bearing	2	8	3	9	4	8	4	4	29
15	AP.850.64	Ball Bearing	2	8	3	9	4	8	4	4	29
16	AP.850.66	Ball Bearing	2	8	3	9	4	8	4	4	29
17	AP.850.4	Bearing Cap	2	8	3	9	4	8	3	3	28
18	AP.850.21	Bearing Cap	2	8	3	9	4	8	3	3	28
19	AP.850.25	Bearing Cap	2	8	3	9	4	8	3	3	28
20	AP.850.34	Bearing Cap	2	8	3	9	4	8	3	3	28
21	AP.850.47	Base Cap	2	8	3	9	4	8	2	2	27
22	AP.850.5	Oil Cup	2	8	3	9	4	8	1	1	26
23	AP.850.60	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
24	AP.850.75	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
25	AP.850.76	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
26	AP.850.80	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24

27	AP.850.43	Out Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
28	AP.850.44	Wear Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24

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 2000 liter per detik maka didapatkan enam komponen kritis, yaitu *hose* – AP.850.85, *hose* – AP.850.86, *hose* – AP.850.84, *hose* – AP.850.87, *hose* – AP.850.83, dan *hose* – AP.850.88. Setelah mendapatkan enam komponen kritis maka digunakanlah diagram *fishbone* yang ditinjau dari berbagai aspek. Pada Gambar 2 terlihat diagram *fishbone* penyebab kerusakan komponen kritis sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Fishbone Penyebab Kerusakan Komponen Kritis

3.3. Hasil Pengujian TTF Menggunakan Goodness of Fit Test

Setelah mengetahui apa saja komponen kritis pada *Hydraulic Driven Axial Pump* kapasitas 2000 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 Test

No	Part Number	Part	AD	CC	P-Value	Distribusi Terpilih
1	AP.850.83	Hose	2,005	0,95	0,124	Weibull
2	AP.850.85	Hose	2,005	0,95	0,124	Weibull
3	AP.850.86	Hose	2,005	0,95	0,124	Weibull
4	AP.850.84	Hose	2,36	0,978	>0,250	Weibull
5	AP.850.87	Hose	2,36	0,978	>0,250	Weibull
6	AP.850.88	Hose	2,36	0,978	>0,250	Weibull

3.4. Analisa MTF (Mean Time to Failure) Komponen Kritis

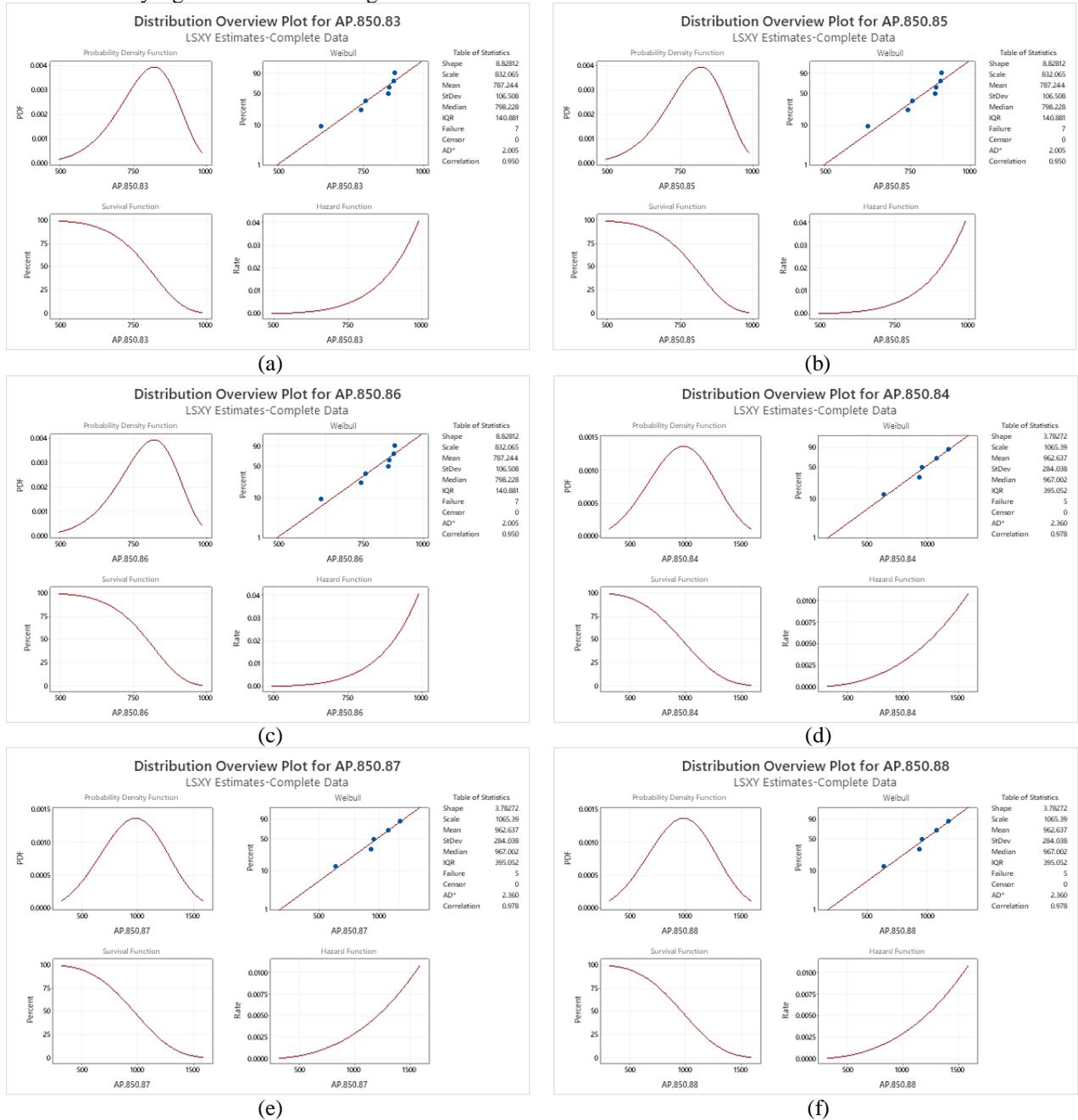
Setelah *probability plot* atau distribusi kerusakan untuk masing-masing komponen telah ditetapkan, kemudian langkah selanjutnya menghitung nilai MTTF. Pada Tabel 4 terlihat hasil perhitungan nilai MTTF pada setiap komponen kritis pada *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 2000 liter per detik sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan MTTF Tiap Komponen

No	Part Number	Part	β	θ	$\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$	MTTF
1	AP.850.83	Hose	8,82821	832,065	1,11	0,946134	787,244
2	AP.850.85	Hose	8,82821	832,065	1,11	0,946134	787,244
3	AP.850.86	Hose	8,82821	832,065	1,11	0,946134	787,244
4	AP.850.84	Hose	3,78272	1065,39	1,26	0,903558	962,637

5	AP.850.87	Hose	3,78272	1065,39	1,26	0,903558	962,637
6	AP.850.88	Hose	3,78272	1065,39	1,26	0,903558	962,637

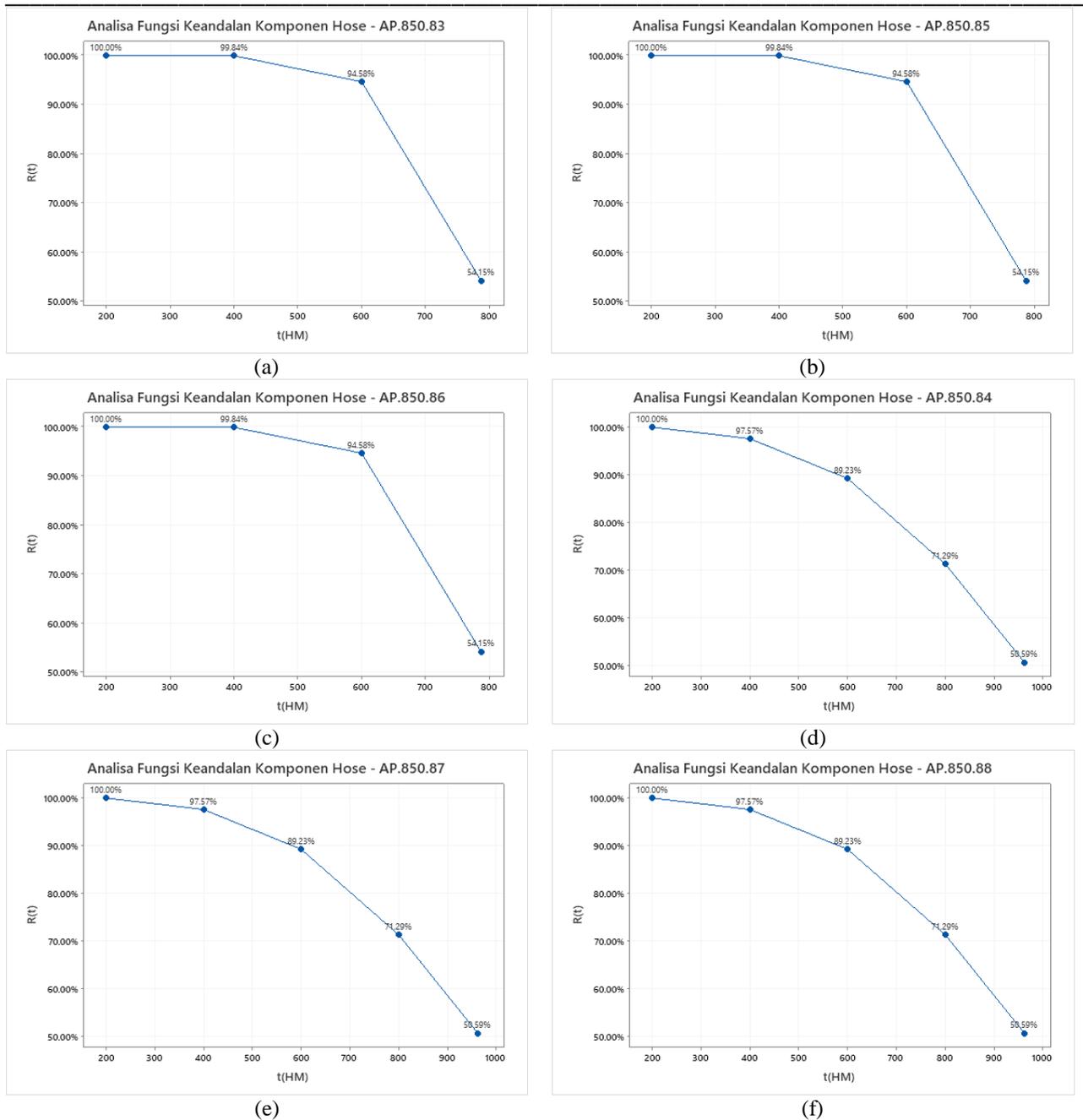
Pada Gambar 3 terlihat hasil keluaran dari *software* Minitab 19 yang memberikan simulasi grafik “*Distribution Overview Plot*” yang memuat kurva sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Komponen Kritis

3.5. Analisa Fungsi Keandalan/ Reliability 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 Kritis

3.6. Penyusunan *Periodic Maintenance* Komponen Kritis

Salah satu tujuan utama dari kegiatan *maintenance* adalah menjaga kesiapan (*readiness*) suatu alat agar dapat tetap menjalankan fungsinya secara optimal agar terhindar dari kerusakan secara tiba-tiba. Jadwal *periodic maintenance* dibuat untuk menentukan kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala dalam suatu jangka waktu tertentu pada seluruh komponen yang mengalami kerusakan berdasarkan nilai MTTF masing-masing komponen.

Dalam menentukan rentang waktu *periodic maintenance* diperlukan interval waktu dan lamanya jam kerja mesin pompa tersebut. Pada Tabel 5 terlihat jadwal *periodic maintenance* untuk masing-masing komponen pada *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 2000 liter per detik sebagai berikut.

Tabel 5. Jadwal *Periodic Maintenance* Komponen Berdasarkan MTTF

No	Part Number	Part	MTTF	Interval Pergantian
1	AP.850.83	Hose	787.244	600
2	AP.850.85	Hose	787.244	600

3	AP.850.86	<i>Hose</i>	787.244	600
4	AP.850.84	<i>Hose</i>	962.637	900
5	AP.850.87	<i>Hose</i>	962.637	900
6	AP.850.88	<i>Hose</i>	962.637	900
7	AP.850.70	<i>Oil Seal</i>	1224.09	1200
8	AP.850.6	<i>Seal Ring</i>	1224.09	1200
9	AP.850.33	<i>Seal Ring</i>	1224.09	1200
10	AP.850.38	<i>Carbon Brush</i>	1426.03	1200
11	AP.850.60	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
12	AP.850.75	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
13	AP.850.76	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
14	AP.850.80	<i>O - Ring</i>	1826.57	1800
15	AP.850.43	<i>Out Ring</i>	1826.57	1800
16	AP.850.44	<i>Wear Ring</i>	1826.57	1800
17	AP.850.42	<i>Bellmouth</i>	2204.11	1800
18	AP.850.20	<i>Bearing</i>	2626.83	2400
19	AP.850.26	<i>Bearing</i>	2626.83	2400
20	AP.850.64	<i>Ball Bearing</i>	2626.83	2400
21	AP.850.66	<i>Ball Bearing</i>	2626.83	2400
22	AP.850.52	<i>Bearing Housing</i>	2626.83	2400
23	AP.850.4	<i>Bearing Cap</i>	2626.83	2400
24	AP.850.21	<i>Bearing Cap</i>	2626.83	2400
25	AP.850.25	<i>Bearing Cap</i>	2626.83	2400
26	AP.850.34	<i>Bearing Cap</i>	2626.83	2400
27	AP.850.5	<i>Oil Cup</i>	2626.83	2400
28	AP.850.47	<i>Base Cap</i>	2626.83	2400

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian Analisis *Reliability* Komponen Kritis *Hydraulic Axial Pump* 2000 LPS Menggunakan *Probability Plot* dan *Fishbone Root Cause Analysis*, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemilihan komponen kritis menggunakan metode *critical analysis* melalui pembobotan (*weighting factor*) menghasilkan 6 komponen kritis dari total 28 komponen yang mengalami kerusakan. Adapun 6 komponen kritis yang terpilih dengan menggunakan metode tersebut, yaitu *hose* – AP.850.84, *hose* – AP.850.85, *hose* – AP.850.86, *hose* – AP.850.87, *hose* – AP.850.83, dan *hose* – AP.850.88.
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. Dengan menggunakan distribusi kerusakan yang terpilih maka didapatkan *lifetime prediction* pada komponen kritis dengan menghitung MTTF. Dapat dilihat nilai MTTF masing-masing komponen, yaitu *hose* – AP.850.83 adalah 787,244 jam, *hose* – AP.850.84 adalah 962,637 jam, *hose* – AP.850.85 adalah 787,244 jam, *hose* – AP.850.86 adalah 787,244 jam, *hose* – AP.850.87 adalah 962,637 jam, dan *hose* – AP.850.88 adalah 962,637 jam.

4. Berdasarkan analisis perhitungan *reliability* maka didapatkan nilai fungsi keandalan berdasarkan nilai MTTF dari masing-masing komponen, yaitu *hose* – AP.850.83 adalah 54,15% pada 787,244 jam, *hose* – AP.850.84 adalah 50,59% pada 962,637 jam, *hose* – AP.850.85 adalah 54,15% pada 787,244 jam, *hose* – AP.850.86 adalah 54,15% pada 787,244 jam, *hose* – AP.850.87 adalah 50,59% pada 962,637 jam, dan *hose* – AP.850.88 adalah 50,59% pada 962,637 jam.
5. Berdasarkan nilai MTTF setiap komponen maka dapat disusun jadwal *periodic maintenance* untuk setiap komponen, yaitu pada interval 600 HM adalah *hose* – AP.850.83, *hose* – AP.850.85, dan *hose* – AP.850.86. Pada interval 900 HM adalah *hose* – AP.850.84, *hose* – AP.850.87, dan *hose* – AP.850.88. Pada interval 1200 HM adalah *oil seal* – AP.850.70, *seal ring* – AP.850.6, *seal ring* – AP.850.33, dan *carbon brush* – AP.850.70. Pada interval 1800 adalah *o-ring* – AP.850.60, *o-ring* – AP.850.75, *o-ring* – AP.850.76, *o-ring* – AP.850.80, *out ring* – AP.850.43, *wear ring* – AP.850.44, dan *bellmouth* – AP.850.42. Pada interval 2400 adalah *bearing* – AP.850.20, *bearing* – AP.850.20, *ball bearing* – AP.850.64, *ball bearing* – AP.850.66, *bearing housing* – AP.850.52, *bearing cap* – AP.850.4, *bearing cap* – AP.850.21, *bearing cap* – AP.850.25, *bearing cap* – AP.850.34, *oil cup* – AP.850.5, dan *base cap* – AP.850.47.

5. Daftar Pustaka

- [1] Indonesia, (2007), *Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Jakarta.
- [2] Wahyuningtyas, et. al. (2017). Pengendalian Banjir Sungai Bringin Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 6, No.3, pp. 161-171.
- [3] Ubaedilah. (2016). Analisa Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih Di Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 05, No.3.
- [4] Rosa, Y. (2012). Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Peralatan Laboratorium. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.2, No.2, pp. 106-119.
- [5] Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- [6] Taufik, & Septyani, S. (2015). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 14, No. 2, pp. 238-258.
- [7] Meng, F., Li, Y., Yuan, S., Wang, W., Zheng, Y., & Osman, M. K. (2020). Multiobjective combination optimization of an impeller and diffuser in a reversible axial-flow pump based on a two-layer artificial neural network. *Processes*, 8(3), 309.
- [8] ILIE, G., & CIOCOIU, C.N. (2010). Application of Fishbone Diagram to Determine The Risk of an Event with Multiple cause. *Management Research and Practice*, Vol, No.1, pp. 1-20.
- [9] Adigama, A. S. (2011). Penyusunan Schedule Perawatan Sepeda Motor Honda Supra X 125 Sub-Assembly Rem Berbasis Reliability Centered Maintenance (RCM). Diss Diponegoro University.
- [10] Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 350-366.