

ANALISIS *RELIABILITY* KOMPONEN KRITIS MENGGUNAKAN METODE *FISHBONE ANALYSIS* DAN *PROBABILITY PLOT* PADA *HYDRAULIC DRIVEN AXIAL PUMP 1000 LPS*

*Calvin Lie¹, Gunawan Dwi Haryadi², Yusuf Umardani²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460069

*Email: calvinlie34@gmail.com

Abstrak

Banjir merupakan suatu fenomena yang merupakan akibat dari luapan air sungai maupun air laut karena hujan deras ataupun kiriman dari daerah lain yang dapat menimbulkan banyak kerugian bagi masyarakat. Mitigasi bencana banjir dilakukan guna mencegah dan mengurangi dampak dari bencana banjir dengan melakukan instalasi pompa di daerah titik-titik rawan banjir. Rumah Pompa Banjardowo, Kota Semarang memiliki tiga unit pompa berjenis *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 1000 liter per detik. *Hydraulic Driven Axial Pump* merupakan suatu bentuk sistem hidrolis yang merupakan pompa aliran aksial yang putaran *propeller*-nya berasal dari putaran motor hidrolis, dimana motor hidrolis ini bergerak karena kerja dari *Hydraulic Power Unit* (HPU). Agar performa dan umur pompa dapat terjaga maka diperlukan perawatan/*maintenance* secara periodik sehingga tidak mengganggu kegiatan operasional. Keandalan/*reliability* dapat menjadi acuan dalam membuat sistem *maintenance* yang baik. Adapun keandalan didapatkan dengan menggunakan *probability plot* dan *fishbone analysis* untuk menentukan penyebab kerusakan dari komponen kritis. Hasil yang didapat dari analisis tersebut adalah lima komponen kritis dengan nilai *MTTF* dan *reliability* sebagai berikut: *Hose* – AP.600.83 adalah 56,6% pada 762,738 jam, *Hose* – AP.600.87 adalah 47,0% pada 736,693 jam, *Hose* – AP.600.84 adalah 60,6% pada 661,310 jam, *Hose* – AP.600.85 adalah 48,0% pada 738,435 jam, dan *Hose* – AP.600.86 adalah 48,6% pada 718,187 jam. Kemudian *periodic maintenance* disusun berdasarkan data tersebut.

Kata kunci: *fishbone analysis; hydraulic driven axial pump; mttf; periodic maintenance; probability plot reliability*

Abstract

Flood is a phenomenon that is the result of overflowing river water or sea water due to heavy rain or shipments from other areas which can cause a lot of harm to the community. Flood disaster mitigation is carried out to prevent and reduce the impact of flood disasters by installing pumps in flood-prone areas. The Banjardowo Pump House, Semarang City has three pump units of the *Hydraulic Driven Axial Pump* type with a capacity of 1000 liters per second. *Hydraulic Driven Axial Pump* is a form of hydraulic system which is an axial flow pump whose propeller rotation comes from the rotation of the hydraulic motor, where this hydraulic motor moves because of the work of the *Hydraulic Power Unit* (HPU). In order to maintain the performance and life of the pump, periodic maintenance is required so that it does not interfere with operational activities. Reliability can be a reference in making a good maintenance system. The reliability is obtained by using probability plots and fishbone analysis to determine the causes of damage to critical components. The results obtained from the analysis are five critical components with *MTTF* and *reliability* values as follows: *Hose* – AP.600.83 is 56.6% at 762,738 hours, *Hose* – AP.600.87 is 47.0% at 736,693 hours, *Hose* – AP. 600.84 is 60.6% at 661,310 hours, *Hose* – AP.600.85 is 48.0% at 738,435 hours, and *Hose* – AP.600.86 is 48.6% at 718,187 hours. Then periodic maintenance is prepared based on this data.

Keywords: *fishbone analysis; hydraulic driven axial pump; mttf; periodic maintenance; probability plot reliability*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang hanya terdapat dua musim sepanjang tahun, salah satunya adalah musim penghujan dengan curah hujan tinggi dalam rentang 2000-3000 mm/tahun [1]. Kota Semarang merupakan wilayah kota pesisir di Indonesia yang tak luput dari bencana banjir, dimana banjir merupakan fenomena yang terjadi akibat hujan deras yang menyebabkan air sungai meluap. Banjir juga dapat terjadi karena kiriman dari wilayah lain yang terletak pada dataran yang lebih tinggi.

Penanganan dan mitigasi bencana banjir perlu dilakukan dengan melakukan instalasi pompa pada daerah rawan banjir di Kota Semarang. Pompa adalah suatu perangkat untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya melalui saluran/pipa [2]. Evaluasi keandalan perlu dilakukan terhadap pompa yang telah beroperasi cukup lama untuk

mengetahui kehandalan dan penyebab dari kerusakan komponen pompa. Adapun kehandalan merupakan probabilitas/kemungkinan suatu komponen dari sistem dapat beroperasi secara optimal sesuai dengan fungsi yang dikehendaki. Kehandalan dan kesiapan pompa adalah hal yang mutlak agar kegiatan operasional tidak terganggu [3]. Distribusi kerusakan merupakan fungsi kehandalan yang digambarkan oleh fungsi matematis. Fungsi kerusakan meliputi Distribusi Eksponensial, Distribusi Weibull, Distribusi Lognormal, dan Distribusi Normal [4].

Komponen kritis merupakan keadaan dimana suatu komponen sistem memiliki potensi mengalami kegagalan yang berdampak menurunkan kehandalan sistem tersebut [5]. Dalam halnya pompa, penurunan kehandalan ini dapat berdampak buruk terhadap operasional pompa yang mengakibatkan gagalnya penanggulangan dan mitigasi bencana banjir. Agar pompa dapat beroperasi secara optimal maka performa dan kualitas pompa perlu dijaga dengan sistem pemeliharaan dan perawatan yang baik dan terjadwal.

Analisis kehandalan (*reliability*) dilakukan terhadap komponen kritis penyusun pompa *hydraulic driven axial pump* berkapasitas 1000 LPS dengan metode *fishbone analysis*. Kemudian analisis dengan *probability plot* dilakukan menggunakan *software* Minitab 19 guna mencari nilai *mean time to failure* (MTTF) yang dipakai untuk menyusun tabel *periodic maintenance*.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini mencakup data performansi, data komponen, dan data kerusakan komponen dari 1 unit (P.3) *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS sebagai objek penelitian yang terletak di wilayah Banjardowo, Kota Semarang. Pompa ini tergolong ke jenis pompa aksial yang digerakkan oleh motor hidrolik dengan sumber daya yang berasal dari *hydraulic power unit* (HPU). Adapun *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah.



Gambar 1. *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS (P.3)

Data-data primer seperti *flowrate* pompa dilakukan dengan melakukan pengujian dan observasi secara langsung. Sedangkan data-data sekunder seperti spesifikasi mesin, gambar teknik, data komponen dan kerusakannya, serta *downtime* unit diperoleh dari operator lapangan dan karyawan logistik.

2.2. Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dari komponen penyusun *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS dilakukan dengan menggunakan Diagram Pareto. Diagram Pareto ini menyajikan nilai total *downtime* dan nilai *downtime* kumulatif. Adapun komponen dianggap kritis jika memiliki nilai *downtime* kumulatif dibawah 80% dengan perbandingan 80-20 [6].

2.3. Pembuatan *Fishbone Diagram*

Fishbone Diagram merupakan alat visual yang biasa dipakai untuk melakukan identifikasi, eksplorasi, dan menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu masalah dengan grafik [7]. Seperti namanya, *Fishbone Diagram* memiliki bentuk menyerupai kerangka ikan. Dalam menyusun *Fishbone Diagram* biasanya permasalahan dasar diletakkan di bagian kepala dari kerangka ikan (kanan) dan penyebab dari permasalahan diletakkan pada sirip dan durinya. *Fishbone Diagram* ini dipakai untuk mengetahui penyebab *flowrate* pompa tidak memenuhi spesifikasi serta mengetahui penyebab dari kerusakan yang terjadi pada komponen kritis.

2.4. Analisis *Reliability* Komponen Kritis

Analisis *reliability* dilakukan terhadap komponen kritis penyusun *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS dengan *probability plot*/distribusi kerusakan dengan menggunakan *software* Minitab 19. Terdapat beberapa jenis distribusi kerusakan, yaitu Distribusi Eksponensial, Distribusi Weibull, Distribusi Lognormal, dan Distribusi Normal. Untuk menentukan distribusi mana yang akan digunakan, maka dilakukan pengujian *goodness of fit test*.

Goodness of fit test merupakan ukuran korespondensi dari matriks kovarian yang sebenarnya dengan model yang dikehendaki [8]. *Goodness of fit test* dilakukan untuk menguji dan mengetahui distribusi kerusakan mana yang paling cocok untuk merepresentasikan data kerusakan yang dimiliki. Adapun *goodness of fit test* ini dilakukan menggunakan *software* Minitab 19 yang menghasilkan tiga output, yaitu: nilai *Anderson-Darling*, nilai *Correlation Coefficient*, dan

nilai *P-Value*. Ketiga nilai ini sebagai parameter yang digunakan untuk menilai kecocokan distribusi kerusakan, dimana distribusi terpilih harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Memiliki nilai *Anderson-Darling* terkecil
- Memiliki nilai *Correlation Coefficient* terbesar
- Memiliki nilai *P-Value* $\geq 0,05$

Setelah melakukan pengujian *goodness of fit test* dan menentukan distribusi kerusakan/*probability plot* untuk masing-masing komponen kritis, selanjutnya adalah melakukan analisis MTTF.

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan nilai rata-rata waktu suatu komponen dari suatu sistem dapat beroperasi sebelum terjadi kerusakan berikutnya [9]. Adapun persamaan MTTF untuk masing-masing distribusi kerusakan/*probability plot* adalah sebagai berikut:

1. Distribusi *Weibull*

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

Keterangan:

θ = parameter skala

β = parameter bentuk

Nilai $\Gamma(1+1/\beta)$ didapatkan dari tabel fungsi gamma.

2. Distribusi *Exponential*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2)$$

Keterangan:

λ = rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi

3. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (3)$$

Keterangan:

μ = nilai tengah

4. Distribusi Lognormal

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2} \quad (4)$$

Keterangan:

μ = parameter lokasi

σ = parameter skala

Reliability atau kehandalan adalah kemungkinan suatu komponen dari suatu sistem dapat beroperasi secara optimal seperti fungsi yang dikehendaki dalam interval waktu dan kondisi tertentu. *Reliability* merupakan indeks yang menunjukkan sejauh mana suatu komponen dapat dipercaya/diandalkan [10]. Adapun persamaan *reliability* untuk masing-masing distribusi kerusakan/*probability plot* adalah sebagai berikut:

1. Distribusi *Weibull*

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (5)$$

Keterangan:

θ = parameter skala

β = parameter bentuk

2. Distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (6)$$

Keterangan:

μ = parameter lokasi

σ = parameter skala

3. Distribusi Lognormal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(t)-\mu}{\sigma}\right) \quad (7)$$

Keterangan:

μ = parameter lokasi

σ = parameter skala

2.5. Penyusunan *Periodic Maintenance*

Setelah mencari dan melakukan analisa nilai *reliability* serta MTTF, selanjutnya adalah menyusun tabel *periodic maintenance* berdasarkan *scheduled maintenance periodical service* setiap *hour meter* (HM). Tujuan dari penyusunan tabel *periodic maintenance* ini adalah untuk menentukan kegiatan pemeliharaan secara *periodic* untuk masing-masing komponen kritis berdasarkan nilai MTTF dan mengurangi waktu *downtime* dari *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS.

3. Hasil dan Pembahasan

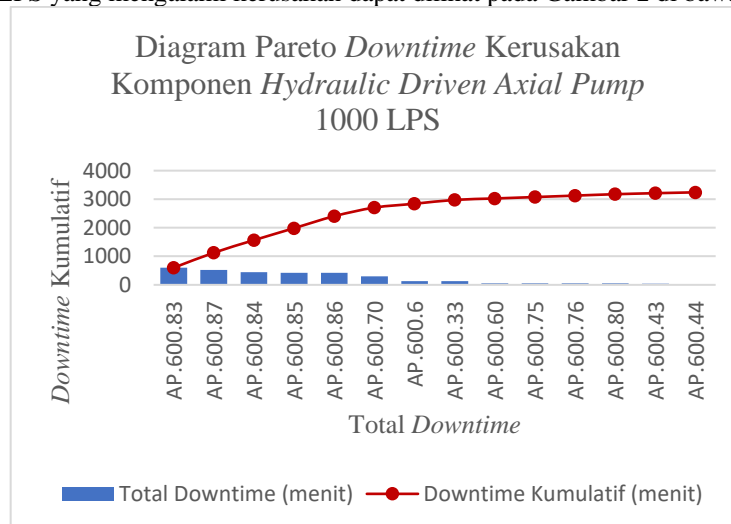
3.1. Penentuan Komponen Kritis Menggunakan Diagram Pareto

Penentuan komponen kritis penyusun *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS dilakukan menggunakan Diagram Pareto, dimana diagram ini berisi data *downtime* dan *downtime* kumulatif. Data kerusakan dari setiap komponen beserta *downtime* dan perhitungan *downtime* kumulatif dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Nilai *Downtime* dan *Downtime* Kumulatif Komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS

Part	Frekuensi Kerusakan	Downtime (menit)	Total Downtime (menit)	Downtime Kumulatif (menit)	Percent
Hose	6	100	600	600	18.52%
Hose	5	105	525	1125	34.72%
Hose	4	110	440	1565	48.30%
Hose	4	105	420	1985	61.27%
Hose	4	105	420	2405	74.23%
Oil Seal	4	75	300	2705	83.49%
Seal Ring	3	45	135	2840	87.65%
Seal Ring	3	45	135	2975	91.82%
O - Ring	2	25	50	3025	93.36%
O - Ring	2	25	50	3075	94.91%
O - Ring	2	25	50	3125	96.45%
O - Ring	2	25	50	3175	97.99%
Out Ring	1	35	35	3210	99.07%
Wear Ring	1	30	30	3240	100.00%

Dari data Tabel 1 dapat diubah ke dalam bentuk Diagram Pareto. Adapun Diagram Pareto dari komponen *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS yang mengalami kerusakan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah.



Gambar 2. Diagram Pareto *Downtime* Kerusakan Komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS

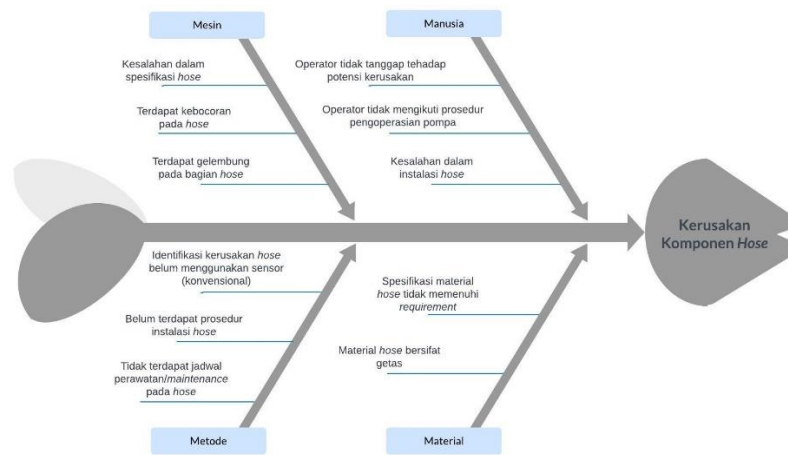
Dari Diagram Pareto pada Gambar 2 dapat kita ketahui bahwa terdapat lima komponen yang mengalami kerusakan dengan nilai *downtime* kumulatif dibawah 80. Hal ini berarti terdapat lima komponen kritis dari total 14 komponen yang mengalami kerusakan. Adapun lima komponen kritis penyusun *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah.

Tabel 2. Komponen Kritis *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS

No	Part Number	Part	Downtime Kumulatif (menit)	Percent
1	AP.600.83	Hose	600	18.52%
2	AP.600.87	Hose	1125	34.72%
3	AP.600.84	Hose	1565	48.30%
4	AP.600.85	Hose	1985	61.27%
5	AP.600.86	Hose	2405	74.23%

3.2. Fishbone Diagram Komponen Kritis

Perhitungan dan penentuan komponen kritis penyusun *hydraulic driven axial pump* berkapasitas 1000 LPS telah dilakukan yang menghasilkan lima komponen kritis, yaitu *hose* (AP.600.83), *hose* (AP.600.87), *hose* (AP.600.84), *hose* (AP.600.85), dan *hose* (AP.600.86). Adapun kerusakan komponen-komponen ini disebabkan oleh beberapa faktor. Diagram *fishbone* digunakan untuk mengetahui faktor faktor yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada komponen kritis *hydraulic driven axial pump* kapasitas 1000 LPS. Diagram *fishbone* penyebab kerusakan komponen kritis dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Diagram *Fishbone* Penyebab Kerusakan Komponen Kritis

3.3. Hasil Pengujian *Goodness of Fit Test*

Pada pembahasan sebelumnya telah dilakukan penentuan komponen kritis *hydraulic driven axial pump* kapasitas 1000 LPS. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian *goodness of fit test* dari komponen-komponen kritis untuk menentukan distribusi kerusakan yang paling baik untuk merepresentasikan data dengan menggunakan *software* Minitab 19. Adapun pengujian ini akan menghasilkan tiga *output*, yaitu nilai *Anderson-Darling*, *Correlation Coefficient*, dan *P-Value*. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Distribusi Kerusakan atau *Probability Plot* yang Terpilih

No	Part Number	Part	AD	CC	P-Value	Distribusi Terpilih
1	AP.600.83	Hose	2,261	0,925	0,245	Weibull
2	AP.600.87	Hose	2,302	0,995	> 0,250	Lognormal
3	AP.600.84	Hose	2,965	0,926	0,161	Weibull
4	AP.600.85	Hose	2,944	0,913	0,225	Lognormal
5	AP.600.86	Hose	2,778	0,991	> 0,250	Lognormal

3.4. Hasil Analisis MTTF Komponen Kritis

Pengujian *goodness of fit test* menghasilkan dua komponen kritis yang menggunakan Distribusi *Weibull* dan tiga komponen kritis yang menggunakan Distribusi *Lognormal*. Adapun untuk nilai MTTF dari masing-masing komponen kritis penyusun *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS yang menggunakan Distribusi *Weibull* dan menggunakan Distribusi *Lognormal* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 di bawah.

Tabel 4. Perhitungan MTTF Menggunakan Distribusi *Weibull*

No	Part Number	Part	β	θ	MTTF
1	AP.600.83	Hose	9,177	810,930	762,738
2	AP.600.84	Hose	12,876	697,760	661,310

Tabel 5. Perhitungan MTTF Menggunakan Distribusi *Lognormal*

No	Part Number	Part	μ	σ	MTTF
1	AP.600.87	Hose	6,595	0,094	736,693
2	AP.600.85	Hose	6,601	0,069	738,435
3	AP.600.86	Hose	6,575	0,048	718,187

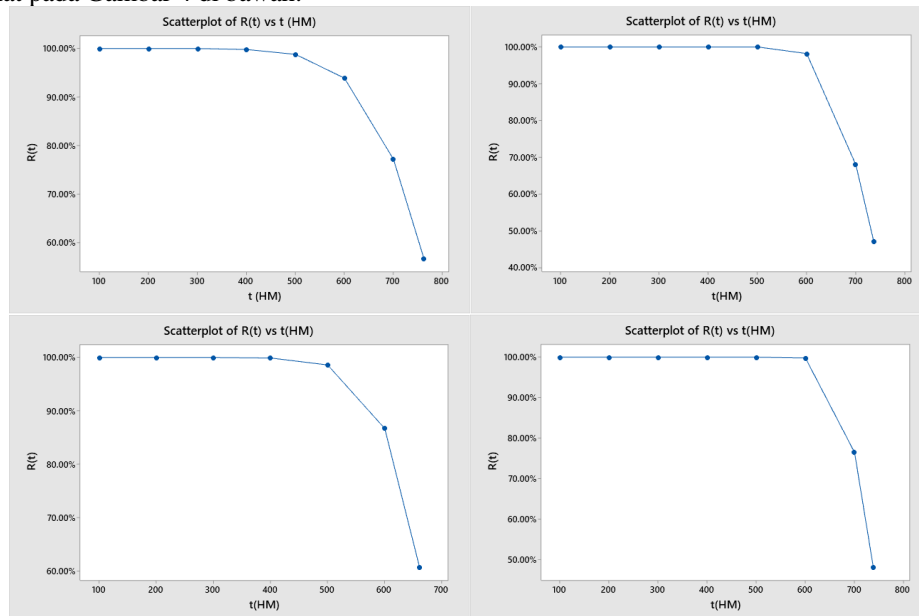
3.5. Hasil Analisis *Reliability* Komponen Kritis

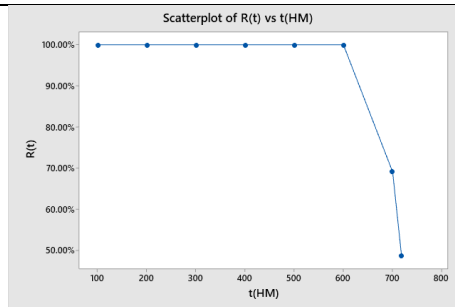
Setelah melakukan analisis MTTF pada masing-masing komponen kritis *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS maka selanjutnya adalah mencari nilai *reliability* pada saat MTTF tertentu untuk setiap komponennya. Hasil perhitungan nilai *reliability* dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah.

Tabel 6. *Reliability* Komponen Kritis *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS

No	Part Number	Part	Distribusi Terpilih	MTTF	R(t)
1	AP.600.83	Hose	<i>Weibull</i>	762,738	56,6%
2	AP.600.87	Hose	<i>Lognormal</i>	736,693	47,0%
3	AP.600.84	Hose	<i>Weibull</i>	661,310	60,6%
4	AP.600.85	Hose	<i>Lognormal</i>	738,435	48,0%
5	AP.600.86	Hose	<i>Lognormal</i>	718,187	48,6%

Adapun dari data tersebut dapat disusun ke dalam bentuk grafik. Grafik ini menggambarkan fungsi *reliability* dari masing-masing komponen kritis *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS. Grafik fungsi *reliability* untuk setiap komponen kritis dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah.





Gambar 4. Grafik Fungsi *Reliability* Setiap Komponen Kritis *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS

3.6. *Periodic Maintenance* Komponen Kritis

Setelah melakukan analisis *reliability* atau keandalan serta *mean time to failure* (MTTF), langkah terakhir adalah untuk menyusun *periodic maintenance* yang merupakan *periodical service* setiap *hour meter* (HM). Adapun nilai *hour meter* ini berdasarkan nilai MTTF dari masing-masing komponen kritis. Tabel *periodic maintenance* untuk setiap komponen kritis penyusun *hydraulic driven axial pump* 1000 LPS dapat di lihat pada Tabel 7 di bawah.

Tabel 7. Jadwal *Periodic Maintenance* Komponen Kritis *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS

No	Part Number	Part	MTTF (hour-meter)	Interval Pergantian (hour-meter)
1	AP.600.84	Hose	661,310	650
2	AP.600.87	Hose	736,693	700
3	AP.600.85	Hose	738,435	700
4	AP.600.86	Hose	718,187	700
5	AP.600.83	Hose	762,738	750

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis *reliability* terhadap komponen kritis *Hydraulic Driven Axial Pump* 1000 LPS menggunakan *Fishbone Analysis* dan *Probability Plot*. Adapun beberapa kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan komponen kritis menggunakan Diagram Pareto dengan nilai kumulatif *downtime* dibawah 80% menghasilkan 5 komponen kritis dari total 14 komponen yang mengalami kerusakan dengan rentang nilai kumulatif *downtime* sebesar 18.52% - 74.23%.
2. Berdasarkan *Root Cause Analysis* menggunakan metode *Fishbone Diagram* dimana terdapat empat faktor utama yang menyebabkan kerusakan komponen kritis, yaitu faktor mesin (*hose* mengalami kebocoran yang dapat menghasilkan ledakan dan ketidaksesuaian spesifikasi *hose*), material (terdapat ketidaksesuaian spesifikasi material *hose* yang bersifat getas), metode (belum terdapat jadwal pengecekan *hose* secara periodik dan identifikasi kerusakan secara manual, belum menggunakan sensor), dan manusia (operator belum mengikuti SOP dan kesalahan dalam instalasi *hose*).
3. Terdapat dua distribusi kerusakan yang dipakai pada penelitian ini, yaitu distribusi *Weibull* dan distribusi Lognormal. *Lifetime prediction* dilakukan pada masing-masing komponen kritis dengan menggunakan dua distribusi kerusakan yang menghasilkan nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) tertinggi sebesar 762,738 jam (*Hose* – AP.600.83) dan terendah sebesar 661,310 jam (*Hose* – AP.600.84).
4. Perhitungan *reliability* menghasilkan nilai fungsi kehandalan berdasarkan nilai MTTF dari setiap komponen. Adapun nilai fungsi kehandalan tertinggi sebesar 60,6% pada 661,310 jam (*Hose* – AP.600.84) dan terendah sebesar 47,0% pada 736,693 jam (*Hose* – AP.600.87).
5. Berdasarkan nilai MTTF masing-masing komponen kritis maka dapat dibuat jadwal *periodic maintenance* untuk masing-masing komponen kritis. Adapun penggantian dilakukan pada *Hose* – AP.600.84 dalam interval 650 HM, penggantian *Hose* – AP.600.85, *Hose* – AP.600.86, dan *Hose* – AP.600.87 pada interval 700 HM. Kemudian penggantian *Hose* – AP.600.83 pada interval 750 HM.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ida Bagus Kade Putra Susila, I Dewa Nyoman Nurweda Putra, & Putu Wira Buana. (2017). Rancang Bangun Aplikasi Analisa Pola Hujan Penyebab Banjir di Jakarta. *MERPATI*, 5(3).
- [2] Papageorgiou, D. G., Kovsenoglou, K. A., Bournelis, P., & Medrea, C. (2018). Fracture analysis of a cooling water pump shaft. *MATEC Web of Conferences*, pp.188.
- [3] Camtona Putra, R. (2021). Kajian Teoritis Metode Keandalan Sistem Dalam Menganalisa Kerusakan pada Mesin Pompa Sentrifugal. *Jurnal Teknologi Maritim*, 4(2), pp.23-29.
- [4] Ilwan, F., Hani Rumawan, F., Dianati Fathimahhayati, L., Sambaliung No, J., & Gunung Kelua, K. (2016). Penentuan Jadwal Perawatan Mesin Pompa Melalui Analisis Keandalan pada PDAM Gunung Lipan, Samarinda Seberang, Kalimantan Timur. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 8(1).
- [5] Tupan, J. M., & Camerling, B. J. (2019). Penentuan Jadwal Perawatan Komponen Kritis pada Mesin MTU 12V2000G65 di PLTD Tersebar PT PLN (Persero) Area Tual (Studi Kasus: PLTD Wonreli). *ARIKA*, 13(1).
- [6] Latib, I., & Doaly, C. O. (2018). Usulan Penjadwalan Penggantian dan Pemeriksaan Komponen Kritis Mesin Feeder dan Fanblower (Studi Kasus di PT. Petnesia Resindo). *Jurnal Teknik Industri*, 8(2).
- [7] Kuswardana, A., Eka Mayangsari, N., & Haidar Natsir Amrullah. (2017). Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Method And 5-Why Analysis) di PT. PAL Indonesia. *Seminar Nasional K3 PPNS*, 1(1).
- [8] Halim, J. K., Honantha, C. R., Margaretha, S., Manajemen, J., Bisnis, F., & Ekonomika, D. (2019). Respon Konsumen terhadap Iklan Email dari Biro Tur dan Perjalanan di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 7(2).
- [9] Setiawan, W., Djanggu, N. H., & Sujana, I. (2022). Penentuan Frekuensi Perawatan Termurah pada Mesin Kritis di PT Citra Mahkota. *INTEGRATE: Industrial Engineering and Management System*, 6(1).
- [10] Sanaky, M. M., Saleh, L. Moh., & Titaley, H. D. (2021). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Man 1 Tulehu Maluku Tengah. *Jurnal Simetrik*, 11(1).