

ANALISIS KEANDALAN KOMPONEN KRITIS MENGGUNAKAN METODE WEIBULL DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA HYDRAULIC AXIAL PUMP BERKAPASITAS 350 LPS

*Fidrioza Althaf Ferdinand¹, Gunawan Dwi Haryadi², Norman Iskandar²

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: fidriozaa@gmail.com

Abstrak

Bencana banjir merupakan salah satu bencana alam yang dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar. Hampir setiap musim hujan di Kota Semarang terjadi banjir, terdapat beberapa hal yang menyebabkan banjir yaitu pendangkalan sungai karena sampah atau sedimentasi, gorong-gorong yang tersumbat serta debit air yang terlalu tinggi. Salah satu upaya mencegah dan mengurangi dampak dari bencana banjir yaitu diperlukannya pompa untuk memindahkan air yang tergenang menuju sungai. Salah satu pompa yang dipergunakan pada daerah rawan banjir yaitu Genuk Babon adalah *Hydraulic Axial Pump* berkapasitas 350 lps. Untuk menjaga umur dan performansi pompa, perlu diadakan *maintenance* yang berkala dan terperiodik. Agar sistem perawatan lebih terjadwal maka perlu diketahui keandalan dari setiap komponen kerusakan pada pompa. *Fault Tree Analysis* adalah metode yang tepat untuk menentukan penyebab kerusakan, kemudian menggunakan metode distribusi kerusakan untuk menentukan tingkat kegagalan atau kerusakan dari pola data yang terbentuk. Hasil yang diperoleh dari pengujian pompa dengan kapasitas 350 liter per detik terdapat tujuh komponen kritis dengan nilai keandalan (*reliability*) dan MTTF, beberapa diantaranya yaitu *hose* – AP.350.83 dan AP.350.84 adalah 53,49% pada 764,508 jam, *hose* – AP.350.85 dan AP.350.86 adalah 54,00% pada 980,08 jam. Sehingga dapat ditentukan jadwal *periodic maintenance* komponen-komponen pompa tersebut.

Kata kunci: distribusi kerusakan; *fault tree analysis*; *hydraulic axial pump*; keandalan

Abstract

Flood disaster is one of the natural disasters that can cause huge casualties and material losses. Floods occur almost every rainy season in Semarang City. There are several things that cause flooding, namely silting of rivers due to garbage or sedimentation, clogged culverts and rain intensity's too high. One of the efforts to prevent and reduce the impact of floods is the need for a pump to move stagnant water towards the river. One of the pumps used in flood-prone areas, namely Genuk Babon, is a Hydraulic Axial Pump with a capacity of 350 lps. To maintain the life and performance of the pump, it is necessary to carry out regular and periodic maintenance. In order for the maintenance system to be more scheduled, it is necessary to know the reliability of any damaged components in the pump. Fault Tree Analysis is the right method to determine the cause of the damage, then use the distribution plot method to determine the level of failure from the formed data patterns. The results obtained from testing the pump with a capacity of 350 liters per second contained seven critical components that have reliability and MTTF values, some of them are hose - AP.350.83 and AP.350.84 are 53.49% at 764.508 hours, hose - AP .350.85 and AP.350.86 are 54.00% at 980.08 hours. So that the periodic maintenance schedule for the pump components can be determined.

Keywords: *fault tree analysis*; *hydraulic axial pump*; *probability plot*; *reliability*

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia digolongkan sebagai salah satu negara rawan bencana, baik bencana alam maupun bencana yang diakibatkan oleh kegiatan manusia. Bencana alam yang rawan terjadi di Indonesia adalah banjir [1]. Tren banjir semakin meningkat dari tahun ke tahun di berbagai daerah di Indonesia menimbulkan keresahan bagi masyarakat yang berada pada daerah tersebut. Salah satu daerah yang mengalami peningkatan tren banjir adalah Kota Semarang [2]. Banjir yang terjadi di Kota Semarang merupakan banjir yang diakibatkan oleh naiknya air pasang laut dan saluran-saluran drainase yang ada tidak dapat lagi menampung air.

Berdasarkan hal diatas, perlu diadakannya mitigasi bencana banjir yaitu penyematan pompa air dengan dibangunnya rumah pompa. Pompa air dapat dipasang di beberapa lokasi rawan banjir untuk merespon bencana banjir di Semarang [3]. Pompa memiliki banyak jenis, 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 [4].

Berdasarkan hal diatas, pompa memiliki peranan yang besar dan penting untuk menanggulangi masalah banjir. Untuk mencegah kerusakan pompa yang berkelanjutan, perlu diadakan analisis keandalan agar kerusakan dapat terprediksi. Analisis keandalan (*reliability*) dilakukan pada komponen kritis pompa *hydraulic axial* karena memiliki potensi untuk mengalami kerusakan yang dapat berpengaruh pada keandalan operasional unit dari sebuah sistem [5]. 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 [6].

Hal yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan pompa adalah dengan diadakannya *maintenance* agar memiliki *reliability* yang baik. *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 [7].

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Objek yang diteliti adalah komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 350 liter per detik sebanyak 2 unit yang berperan vital dalam kelancaran proses permesinan di Rumah Pompa Genuk Babon, Kota Semarang.



Gambar 1. Pengujian *Flowrate* Pompa *Hydraulic Axial* 350 LPS

Pengumpulan data dua *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 350 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*

Critical analysis 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.

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 [9]. Diagram *Fault Tree* ini digunakan untuk mengetahui penyebab kerusakan komponen kritis pompa *hydraulic axial* 350 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* [5].

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

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

θ = scale parameter (parameter skala)

β = shape parameter (parameter bentuk)

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

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

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

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 350 liter per detik dapat dikurangi waktu *downtime*-nya.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Komponen Kritis Menggunakan *Critical Analysis*

Penentuan komponen kritis yang terdapat pada *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 350 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. Pada Tabel 1 terlihat nilai kekritisan komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 350 liter per detik sebagai berikut.

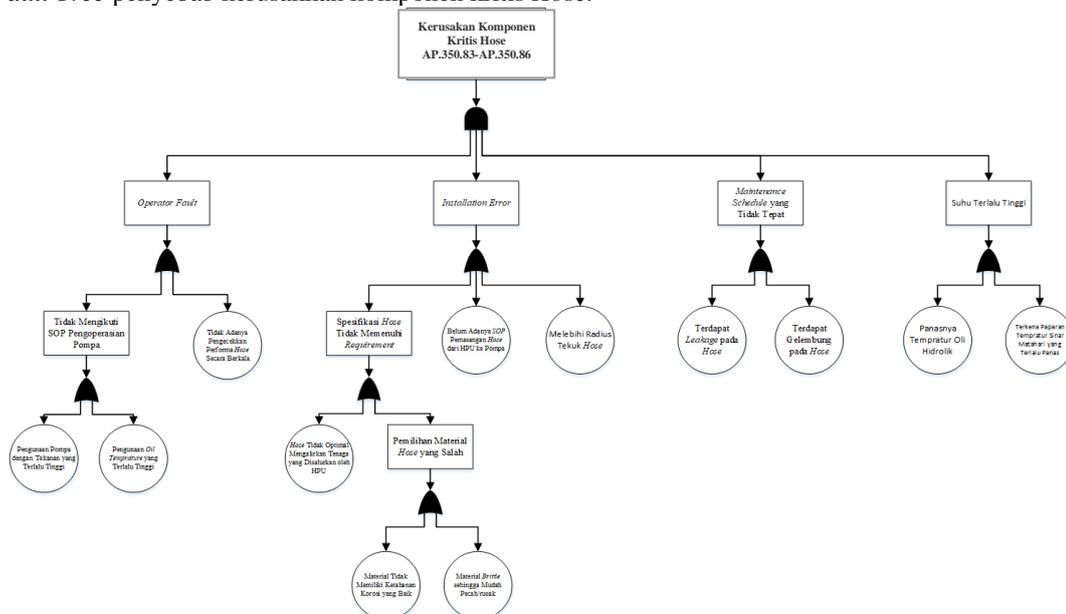
Tabel 1. Matriks Pembobotan Komponen Kerusakan

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							
1	AP.350.83	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
2	AP.350.84	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
3	AP.350.85	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
4	AP.350.86	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32

Pada Tabel 2 dapat dilihat untuk matriks pembobotan komponen kerusakan pada Pompa *Hydraulic Axial 350 LPS*. Setelah diolah, komponen kritis pada pompa *hydraulic axial 350 LPS* berjumlah 4 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 350 liter per detik maka didapatkan tujuh komponen kritis, yaitu *hose* – AP.350.83, *hose* – AP.350.84, *hose* – AP.350.85, *hose* – AP.350.86. Setelah mendapatkan 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 2 terlihat diagram *Fault Tree* penyebab kerusakan komponen kritis *Hose*.



Gambar 2. Fault Tree Diagram Kerusakan Komponen Kritis *Hose*

3.3 Hasil Pengujian Goodness of Fit Test

Setelah mengetahui apa saja komponen kritis pada *Hydraulic Driven Axial Pump* kapasitas 350 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 2. Hasil Pengujian *Goodness of Fit*

No	Part Number	Part	AD	CC	P-Value	Distribusi Terpilih
1	AP.350.83	Hose	2,829	0,978	>0,250	Weibull
2	AP.350.85	Hose	2,829	0,978	>0,250	Weibull
3	AP.350.86	Hose	2,800	0,983	>0,250	Weibull
4	AP.350.84	Hose	2,800	0,983	>0,250	Weibull

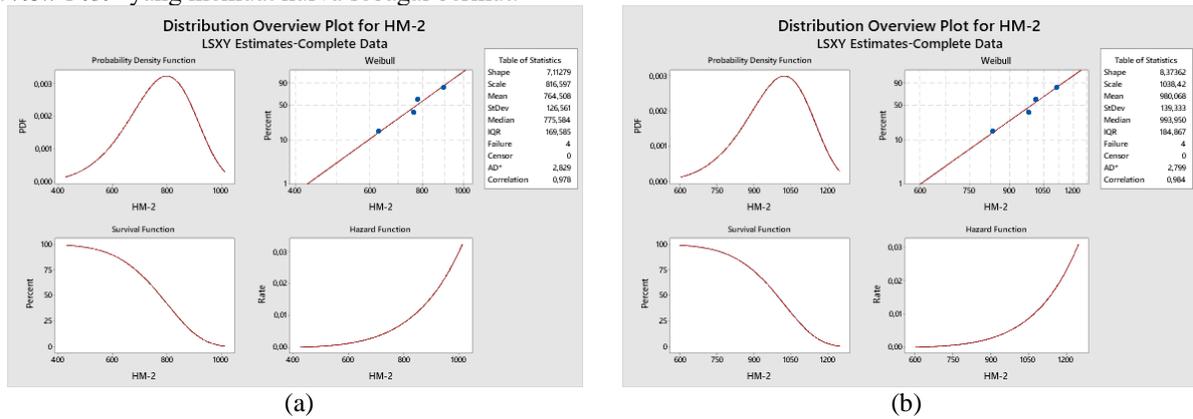
3.4 Analisa MTTF Komponen Kerusakkan Pompa

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 350 liter per detik sebagai berikut.

Tabel 3. 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.350.83	Hose	7,11279	816,597	1,14	0,936212	764,508
2	AP.350.85	Hose	7,11279	816,597	1,14	0,936212	764,508
3	AP.350.86	Hose	8,37362	1038,42	1,12	0,943806	980,68
4	AP.350.84	Hose	8,37362	1038,42	1,12	0,943806	980,68

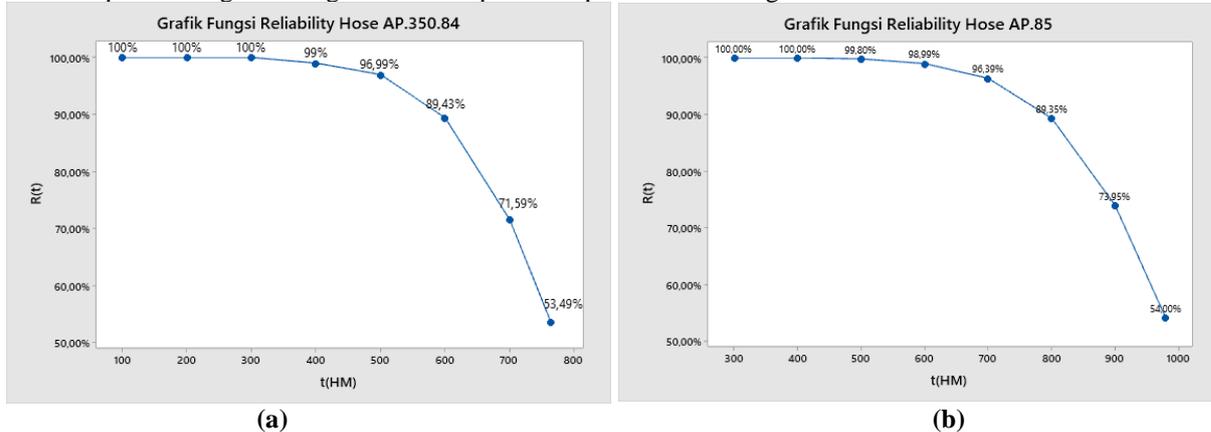
Pada Gambar 3 terlihat hasil keluaran dari *software* Minitab 19 yang memberikan simulasi grafik “*Distribution Overview Plot*” yang memuat kurva sebagai berikut.



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

Setelah diketahui nilai MTTF dan fungsi keandalan komponen kritis, langkah selanjutnya adalah menentukan waktu Periodic Maintenance pada masing-masing komponen yang ada. Jadwal periodic maintenance komponen kritis pompa dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Tabel *Periodic Maintenance* Komponen Kerusakkan Pompa

No	Part Number	Part	MTTF (Hour Meter)	Interval Pergantian (Hour Meter)
1	AP.350.83	Hose	764,508	700
2	AP.350.84	Hose	764,508	700
3	AP.350.85	Hose	980,68	900
4	AP.350.86	Hose	980,68	900

4. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan metode Fault Tree Analysis maka kerusakan pada komponen kritis dapat disebabkan beberapa faktor. Kerusakkan dapat disebabkan oleh operator fault, installation error, maintenance schedule yang tidak tepat, dan suhu terlalu tinggi.
2. Pemilihan komponen dengan metode *Critical Analysis* menggunakan tabel pembobotan untuk mengetahui tingkat kekritisitas tiap komponen. Maka dihasilkan beberapa komponen kritis yang sama pada tiap pompa yaitu: *Hose* – AP.350.83 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.350.84 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.350.85 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.350.86 dengan nilai total 32.
3. Berdasarkan analisis perhitungan *reliability* maka didapatkan nilai fungsi keandalan berdasarkan nilai MTTF dari masing-masing komponen, yaitu *hose* – AP.350.83 adalah 53,49% pada 764,508 jam, *hose* – AP.350.84 adalah 53,49% pada 764,508 jam, *hose* – AP.350.85 adalah 54,00% pada 980,08 jam, *hose* – AP.350.86 adalah 54,00% pada 980,08 jam.
4. Berdasarkan nilai MTTF setiap komponen maka dapat disusun jadwal *periodic maintenance* untuk setiap komponen, yaitu pada interval 700 HM adalah *hose* – AP.350.83, dan *hose* – AP.350.84. Pada interval 900 HM adalah *hose* – AP.350.85, *hose* – AP.350.86.

5. Daftar Pustaka

- [1] Findayani, A. (2015). Kesiapan Siaga Masyarakat Dalam Penanggulangan Banjir Di Kota Semarang. *Jurnal Geografi*, 12(1), 103-114.
- [2] Triady, A.U, Arief, L.N, & Hana, S.F. (2019). Kajian Pemetaan Risiko Bencana Banjir Kota Semarang Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4).
- [3] Hicks, T. G. (2008). *Pump operation and maintenance*. Tata McGraw-Hill Education.
- [4] 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).
- [5] 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.
- [6] 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
- [7] Kececioglu, D. (2002). *Reliability engineering handbook* (Vol. 1). DEStech Publications, Inc
- [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] Ericson, C. A. (1999, August). Fault tree analysis. In *System Safety Conference*, Orlando, Florida (Vol. 1, pp. 1-9).
- [10] Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- [11] Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 350-366.