

ANALISA *RELIABILITY* DAN KEANDALAN KOMPONEN KRITIS MENGGUNAKAN METODE WEIBULL DAN *FAULT TREE ANALYSIS* PADA *HYDRAULIC AXIAL PUMP* BERKAPASITAS 250 LPS

*Arya Erlangga¹, Gunawan Dwi Haryadi², Ismoyo Haryanto²

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: aryaerlangga2000@gmail.com

Abstrak

Mesin dikatakan ideal pada prinsipnya apabila seluruh energi yang dihasilkan dapat diubah menjadi kerja. Walaupun demikian tidak ada yang ideal dari hasil rancangan manusia karena sebagian energi akan terbuang menjadi bentuk energi yang lain, salah satunya dalam bentuk getaran mekanik. Saat ini mesin-mesin modern dirancang untuk berjalan secara otomatis, dan pada umumnya mesin-mesin tersebut beroperasi pada putaran ataupun kecepatan tinggi, dimana getaran yang timbul merupakan getaran dengan frekuensi tinggi dan tidak lagi dapat dirasakan oleh indra manusia. Salah satu mesin mekanis yang beroperasi pada putaran tinggi adalah pompa. 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 250 liter per detik terdapat tujuh komponen kritis dengan nilai keandalan (*reliability*) dan MTTF, beberapa diantaranya yaitu *hose* – AP.250.83 dan AP.250.84 adalah 53,49% pada 764,508 jam, *hose* – AP.250.85 dan AP.250.86 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

The machine is said to be ideal in principle if all the energy produced can be converted into work. However, nothing is ideal as a result of human design because some of the energy will be wasted into other forms of energy, one of which is in the form of mechanical vibrations. Currently modern machines are designed to run automatically, and in general these machines operate at high rotation or speed, where the vibrations that arise are high frequency vibrations and can no longer be felt by the human senses. One of the mechanical machines that operate at high speed is the pump. 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 each component of damage to the pump. Fault Tree Analysis is the right method to determine the cause of the damage, then use the damage distribution method to determine the level of failure or damage from the formed data pattern. The results obtained from testing the pump with a capacity of 250 liters per second showed seven critical components with reliability and MTTF values, some of which were hose - AP.250.83 and AP.250.84 which were 53.49% at 764,508 hours, hose - AP. 250.85 and AP.250.86 is 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

Mesin dikatakan ideal pada prinsipnya apabila seluruh energi yang dihasilkan dapat diubah menjadi kerja. Walaupun demikian tidak ada yang ideal dari hasil rancangan manusia karena sebagian energi akan terbuang menjadi bentuk energi yang lain, salah satunya dalam bentuk getaran mekanik [1]. Saat ini mesin-mesin modern dirancang untuk berjalan secara otomatis, dan pada umumnya mesin-mesin tersebut beroperasi pada putaran ataupun kecepatan tinggi,

dimana getaran yang timbul merupakan getaran dengan frekuensi tinggi dan tidak lagi dapat dirasakan oleh indra manusia. Salah satu mesin mekanis yang beroperasi pada putaran tinggi adalah pompa. Pompa memiliki banyak jenis, salah satunya yaitu *Hydraulic Axial Pump*. *Hydraulic Axial Pump* adalah pompa yang bekerja dengan cara menghisap oli dari tangki hidrolik dan mendorongnya ke dalam sistem hidrolik dalam bentuk aliran [2].

Berdasarkan hal di atas, 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 [3]. 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 sistem [4].

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

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Objek yang diteliti adalah komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 250 liter per detik sebanyak 2 unit yang berperan vital dalam kelancaran proses permesinan di Rumah Pompa Genuk Babon, Kota Semarang.



Gambar 1. Pengujian *Flowrate* Pompa *Hydraulic Axial 250 LPS*

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

2.2 Pemilihan Komponen Kritis dengan Metode *Critical Analysis*

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 [6]:

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 sistem. *Fault tree analysis*

(FTA) mengidentifikasi, memodelkan, dan mengevaluasi keterkaitan dari peristiwa yang mengarah ke kegagalan dan kejadian yang tidak diinginkan [7]. Diagram *Fault Tree* ini digunakan untuk mengetahui penyebab kerusakan komponen kritis pompa *hydraulic axial* 250 LPS.

2.4 Penentuan Distribusi Kerusakan yang Digunakan

Distribusi kerusakan atau *probability plot* merupakan metode yang sangat umum untuk digunakan sebagai mode distribusi keandalan. Distribusi kerusakan berisikan informasi mengenai masa atau umur pakai dari sebuah sistem atau komponen peralatan. Berikut ini adalah beberapa distribusi yang termasuk dalam distribusi kerusakan yaitu Distribusi *Weibull*, Distribusi Normal, Distribusi Lognormal, dan Distribusi *Exponential* [3].

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 [8]. 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 [8]. 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 [9]. 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 250 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 250 liter per detik dilakukan pendekatan *critical analysis*. Pendekatan ini ditujukan untuk menganalisis komponen yang dianggap kritis dari beberapa komponen yang mengalami kerusakan sesuai dengan standar penilaian komponen kritis yang. Pada Tabel 1 terlihat nilai kekritisan komponen *Hydraulic Driven Axial Pump* dengan kapasitas 250 liter per detik sebagai berikut.

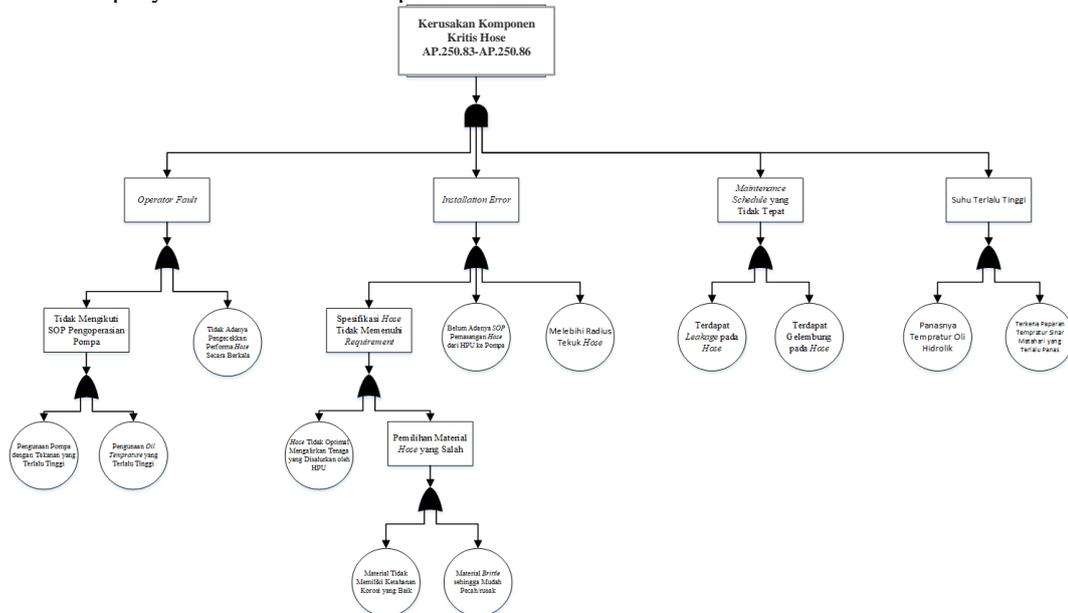
Tabel 1. Matriks Pembobotan Komponen Kerusakan

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.250.83	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
2	AP.250.84	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
3	AP.250.85	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32
4	AP.250.86	Hose	4	16	3	9	3	6	1	1	32

Pada Tabel 2 dapat dilihat untuk matriks pembobotan komponen kerusakan pada Pompa *Hydraulic Axial 250 LPS*. Setelah diolah, komponen kritis pada pompa *hydraulic axial 250 LPS* berjumlah 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 250 liter per detik maka didapatkan tujuh komponen kritis, yaitu *hose* – AP.250.83, *hose* – AP.250.84, *hose* – AP.250.85, *hose* – AP.250.86. 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 250 liter per detik maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian menggunakan *goodness of fit test* untuk mengetahui distribusi apa yang paling cocok berdasarkan data kerusakan yang dimiliki. Dalam menentukan distribusi yang paling cocok diperlukan tiga nilai, yaitu *correlation coefficient*, *Anderson-Darling*, dan *P-value* yang diperoleh menggunakan *software Minitab 19*. Pada Tabel 3 terlihat hasil pengujian *goodness of fit test* sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Goodness of Fit*

No	Part Number	Part	AD	CC	P-Value	Distribusi Terpilih
1	AP.250.83	Hose	2,829	0,978	>0,250	Weibull
2	AP.250.85	Hose	2,829	0,978	>0,250	Weibull
3	AP.250.86	Hose	2,800	0,983	>0,250	Weibull
4	AP.250.84	Hose	2,800	0,983	>0,250	Weibull

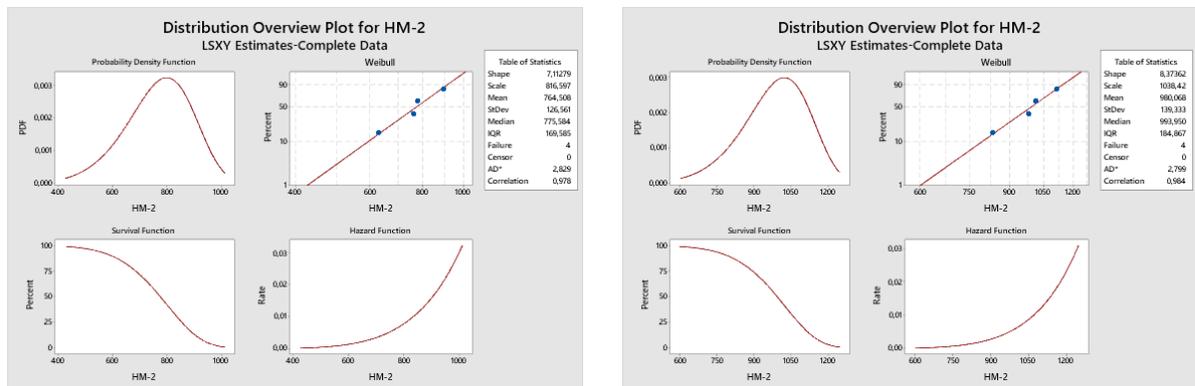
3.4 Analisa MTTF Komponen Kerusakkan Pompa

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 kerusakkan pada *Hydraulic Driven Axial Pump* berkapasitas 250 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.250.83	Hose	7,11279	816,597	1,14	0,936212	764,508
2	AP.250.85	Hose	7,11279	816,597	1,14	0,936212	764,508
3	AP.250.86	Hose	8,37362	1038,42	1,12	0,943806	980,68
4	AP.250.84	Hose	8,37362	1038,42	1,12	0,943806	980,68

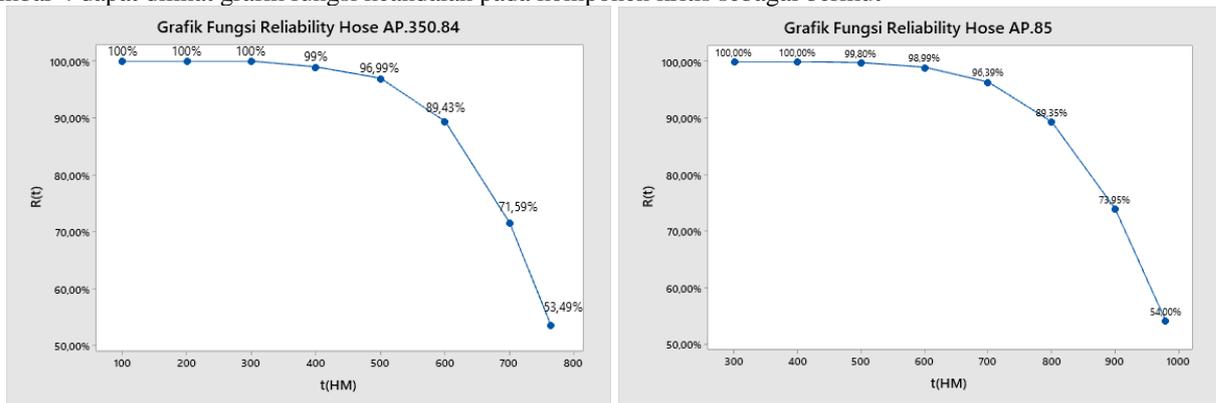
Pada Gambar 3 terlihat hasil keluaran dari *software* Minitab 19 yang memberikan simulasi grafik “*Distribution Overview Plot*” yang memuat kurva sebagai berikut.



(a) (b)
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



(a) (b)
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.250.83	Hose	764,508	700
2	AP.250.84	Hose	764,508	700
3	AP.250.85	Hose	980,68	900
4	AP.250.86	Hose	980,68	900

4. Kesimpulan

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

- 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.
- 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.250.83 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.250.84 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.250.85 dengan nilai total 32, *Hose* – AP.250.86 dengan nilai total 32.
- Berdasarkan analisis perhitungan *reliability* maka didapatkan nilai fungsi keandalan berdasarkan nilai MTTF dari masing-masing komponen, yaitu *hose* – AP.250.83 adalah 53,49% pada 764,508 jam, *hose* – AP.250.84 adalah 53,49% pada 764,508 jam, *hose* – AP.250.85 adalah 54,00% pada 980,08 jam, *hose* – AP.250.86 adalah 54,00% pada 980,08 jam.
- Berdasarkan nilai MTTF setiap komponen maka dapat disusun jadwal *periodic maintenance* untuk setiap komponen, yaitu pada interval 700 HM adalah *hose* – AP.250.83, dan *hose* – AP.250.84. Pada interval 900 HM adalah *hose* – AP.250.85, *hose* – AP.250.86.

5. Daftar Pustaka

- Firman, S. (2018). Analisa Pengaruh Kerusakan Ball Bearing Terhadap Kinerja Pompa Ballast Di Mv. Dk 02 (Doctoral Dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- 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).
- 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.
- 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
- Kececioğlu, D. (2002). *Reliability engineering handbook* (Vol. 1). DEStech Publications, Inc
- Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 250-366.
- Ericson, C. A. (1999, August). Fault tree analysis. In *System Safety Conference*, Orlando, Florida (Vol. 1, pp. 1-9).
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 250-366.
- Suhendar, E., & Soleha, M. (2015). Analisis dan Reliability Komponen Kritis Mesin Dental CX-9000 pada Dental Clinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 250-366.