

ANALISIS *RELIABILITY* KOMPONEN KRITIS MENGGUNAKAN *PROBABILITY PLOT* DAN *FISHBONE ROOT CAUSE ANALYSIS* PADA *HYDRAULIC AXIAL PUMP* 250 LPS

* M Rafly Rafiqi¹, Gunawan Dwi Haryadi², Yusuf Umaardani²,
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: raflyrafiqi31@gmail.com

Abstrak

Karena adanya dampak pemanasan global (*global warming*), maka meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi. Maka mencairkan lapisan es Antartika dan menghangatkan lautan sehingga meningkatnya muka air pada lautan dan mengakibatkan tinggi muka air lebih tinggi dibandingkan permukaan daratan Semarang yang mengakibatkan banjir dan genangan di kawasan ini, maka dari itu studi yang saya lakukan untuk menanggulangi banjir dengan menggunakan sistem pompa agar air yang ada di kawasan tampungan tidak melimpas pada tanggul dan diturunkan tinggi muka airnya. Banjir tidak dapat dicegah, tetapi bisa dikontrol dan dikurangi dampak kerugian yang ditimbulkannya. Dalam menghadapi permasalahan tersebut, diperlukan 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 250 liter per detik. Pompa yang telah beroperasi dengan waktu yang cukup lama perlu dilakukan evaluasi keandalan untuk mengetahui keandalan sistem dan kerusakan masing-masing komponen. Pompa yang telah beroperasi dengan waktu yang cukup lama perlu dilakukan evaluasi kehandalan untuk mengetahui kehandalan sistem dan kerusakan masing-masing komponen. 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 tujuh komponen kritis yang memiliki nilai MTTF dan *reliability*, yaitu *hose* – AP.250.83 adalah 55,42% pada 796,092 jam, *hose* – AP.250.85 adalah 55,42% pada 796,092 jam, *hose* – AP.250.86 adalah 55,76% pada 1048,26 jam, *hose* – AP.250.84 adalah 55,76% pada 1048,26 jam, *oil seal* – AP.250.70 adalah 32,59% pada 1069,47 jam, *seal ring* – AP.250.6 adalah 32,59% pada 1069,47 jam, *seal ring* – AP.250.33 adalah 32,59% pada 1069,47 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

Due to the impact of global warming, the average temperature of the atmosphere, sea and land of the earth increases. So it melts the Antarctic ice sheet and warms the ocean so that the water level in the ocean increases and causes the water level to be higher than the Semarang land surface which causes flooding and inundation in this area, therefore the study I did to cope with flooding by using a pump system so that water existing in the storage area does not overflow on the embankment and the water level is lowered. Floods cannot be prevented, but they can be controlled and the impact of losses can be reduced. In dealing with these problems, it is necessary to use a liquid to move a liquid from one place to another by flow fluid. One of the pumps used in Semarang City is the *Hydraulic Axial Pump* with a capacity of 250 liters per second. Pumps that have been operating for a long time need a reliability evaluation to determine the reliability of the system and the damage to each component. Pumps that have been operating for a long time need to be evaluated for reliability to determine the reliability of the system and the damage to each component. In order for the maintenance system to be more scheduled, it is necessary to know the reliability of each critical component of the pump. Reliability is obtained by using probability plot methods and fishbone root cause analysis to determine the cause of damage to critical components. The results obtained in this analysis are seven critical components that have MTTF and reliability values, namely *hose* – AP.250.83 is 55.42% at 796.092 hours, *hose* – AP.250.85 is 55.42% at 796.092 hours, *hose* – AP.250.86 is 55.76% at 1048.26 hours, *hose* – AP.250.84 is 55.76% at 1048.26 hours, *oil seal* – AP.250.70 is 32.59% at 1069.47 hours, *seal ring* – AP.250.6 is 32.59% at 1069.47 hours, *seal ring* – AP.250.33 is 32.59% at 1069.47 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 banjir merupakan kejadian alam yang dapat terjadi setiap saat dan sering mengakibatkan hilangnya nyawa serta harta benda. Kerugian akibat banjir dapat berupa kerusakan pada bangunan, kehilangan barang-barang berharga, hingga kerugian yang mengakibatkan tidak dapat pergi bekerja dan sekolah. Banjir tidak dapat dicegah, tetapi bisa dikontrol dan dikurangi dampak kerugian yang ditimbulkannya. Pompa merupakan mesin yang mengubah energi mekanis menjadi tekanan pada fluida yang dialirkannya. Bila kita perhatikan pompa-pompa di pasaran, maka akan kita jumpai bahwa berbagai jenis pompa memang disediakan untuk bermacam-macam keperluan yang spesifik. Setiap desain selalu ada tujuan terapannya.

Kerusakan suatu pompa atau suatu sistem merupakan hal yang sering di jumpai dan perlu mendapatkan penanganan yang serius. Melakukan perawatan pada pompa dengan sesering mungkin, hal ini dilakukan untuk mencapai kinerja dan mutu mesin dengan optimal dalam perusahaan, sebagai salah satu bagian penunjang produksi [1]. Dalam menjamin performa suatu pompa bisa beroperasi dengan baik dan optimal diperlukan adanya suatu sistem perawatan yang baik, berfungsi untuk memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan selalu dalam keadaan optimal dan siap untuk digunakan [2].

Selama ini perusahaan belum memiliki peranan sistem perawatan yang baik, sehingga Hydraulic Axial Pump mendapatkan penanganan setelah mengalami kerusakan (*corrective maintenance*) tanpa memperhatikan faktor keandalan dari komponen pompa tersebut. 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. Distribusi kerusakan yang paling umum digunakan adalah distribusi Weibull, Exponential, Lognormal, dan Normal [3].

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Perbedaan tekanan inilah yang mengisap cairan sehinggalah dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain [4]. Sistem hidrolik adalah suatu sistem/peralatan yang bekerja berdasarkan sifat dan potensi/kemampuan yang ada pada zat cair (*liquid*). Prinsip dasar dari sistem hidrolik adalah memanfaatkan sifat bahwa zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap, namun menyesuaikan dengan yang ditempatinya. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur maupun naik dan turun sesuai dengan pemasangan silinder yaitu arah horizontal maupun vertikal [5].

Perawatan merupakan sebuah aktivitas yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi suatu fasilitas (mesin, peralatan, serta sebuah sistem) tetap berada pada kondisi dimana sistem dapat beroperasi/berfungsi dengan baik yang dilakukan dengan cara membatasi dan menghilangkan kerusakan pada sistem tersebut [6]. Secara umum kegiatan *maintenance* dapat dibagi menjadi dua, yaitu kegiatan *maintenance* yang terencana (*planned*) dan kegiatan *maintenance* yang tidak terencana (*unplanned*) [7]. kegiatan *maintenance* yang tidak terencana merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan akibat adanya kerusakan terhadap fasilitas atau peralatan yang berada di luar perencanaan dan tidak termasuk dalam anggaran biaya [8].

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 Banjardowo, Kota Semarang, Jawa Tengah. Dalam hal ini yang menjadi objek penelitian adalah hydraulic driven axial pump. Alasan pemilihan hydraulic driven axial pump karena unit ini memiliki peranan besar, hal ini terlihat dari fungsi hydraulic driven axial pump adalah suatu unit yang vital untuk memindahkan banjir serta genangan-genangan yang ada di wilayah Kota Semarang khususnya di daerah Gemuk, jika unit ini mengalami *breakdown* maka akan sangat mengganggu proses permesinan dan sangat merugikan perusahaan, masyarakat Kota Semarang, serta pemerintah Kota Semarang. Pengumpulan data dapat dilakukan pada hydraulic driven axial pump berkapasitas 250 liter per detik dengan pengamatan dan langsung di lapangan dan melalui wawancara. Pada dasarnya sumber data dibagi dalam dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.



Gambar 1. Satu unit *Hydraulic Axial Pump* Berkapasitas 250 Liter per Detik

2.2 Pembuatan Diagram Fiishbone

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 sebagaiberikut [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 <i>repair</i> <24 jam	Proses <i>repair</i> 1 hari	Proses <i>repair</i> 2 hari	Proses <i>repair</i> 3 hari	Proses <i>repair</i> 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*.

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. 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. 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. Secara umum, persamaan *reliability* didefinisikan sebagai berikut:

- Distribusi Weibull

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

- 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 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 Hydarulic Driven Axial Pump dengan kapasitas 250 liter per detik dilakukan dengan menggunakan metode *critical analysis* untuk mengetahui nilai kekritisannya dari komponen-komponen yang mengalami kerusakan sesuai dengan standar penilaian komponen kritis pada table 1. Nilai kekritisannya komponen Hydarulic Driven Axial Pump dengan kapasitas 250 liter per detik dapat dilihat pada Tabel 2.

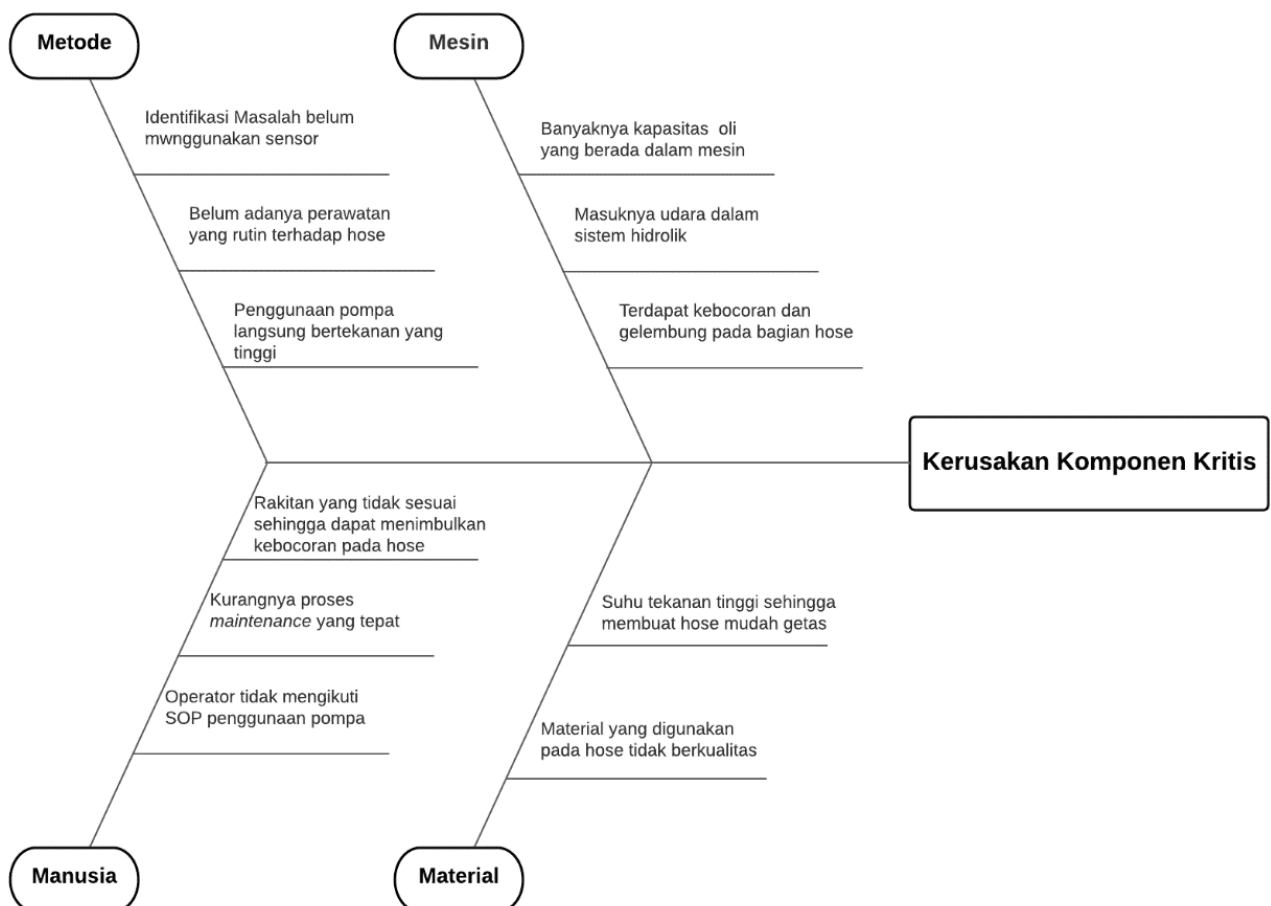
Tabel 2. Matriks Pembobotan Komponen Kritis

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	Grade	Grade x Bobot	Grade	Grade x Bobot	Grade	Grade x Bobot	
1	AP.250.83	Hose	4	16	3	9	4	8	2	2	35
2	AP.250.85	Hose	4	16	3	9	4	8	2	2	35
3	AP.250.86	Hose	4	16	3	9	4	8	2	2	35
4	AP.250.84	Hose	4	16	3	9	4	8	2	2	35
5	AP.250.70	Oil Seal	4	16	3	9	4	8	2	2	35
6	AP.250.6	Seal Ring	4	16	3	9	4	8	2	2	35
7	AP.250.33	Seal Ring	4	16	3	9	4	8	2	2	35

8	AP.250.60	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
9	AP.250.75	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
10	AP.250.76	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
11	AP.250.80	O - Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
12	AP.250.43	Out Ring	2	8	3	9	3	6	1	1	24
13	AP.250.44	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 Hydarulic Driven Axial Pump dengan kapasitas 250 liter per detik, maka didapatkan enam komponen kritis, yaitu hose – AP.250.83, hose – AP.250.85, hose – AP.250.86, hose – AP.250.84, Oil Seal – AP.250.70, Seal Ring – AP.250.6 dan Seal Ring – AP.250.33. setelah mendapatkan tujuh komponen kritis, digunakanlah diagram fishbone untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mengakibatkan terjadinya kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen tersebut. Diagram fishbone penyebab kerusakan komponen kritis dapat dilihat pada Gambar 2.



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 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 21. 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.250.83	Hose	2.872	0.954	>0.250	Weibull
2	AP.250.85	Hose	2.872	0.954	>0.250	Weibull
3	AP.250.86	Hose	2.785	0.987	>0.250	Weibull
4	AP.250.84	Hose	2.785	0.987	>0.250	Weibull
5	AP.250.70	Oil Seal	2.885	0.951	>0.250	Weibull
6	AP.250.6	Seal Ring	2.885	0.951	>0.250	Weibull
7	AP.250.33	Seal Ring	2.885	0.951	>0.250	Weibull

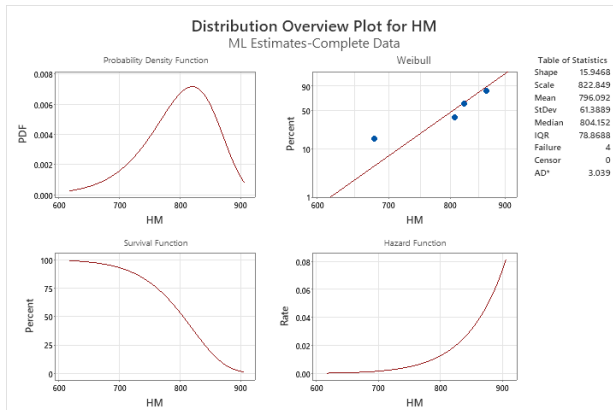
3.4 Analisa MTF (*Mean Time to Failure*) Komponen Kritis

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 250 liter per detik sebagai berikut:

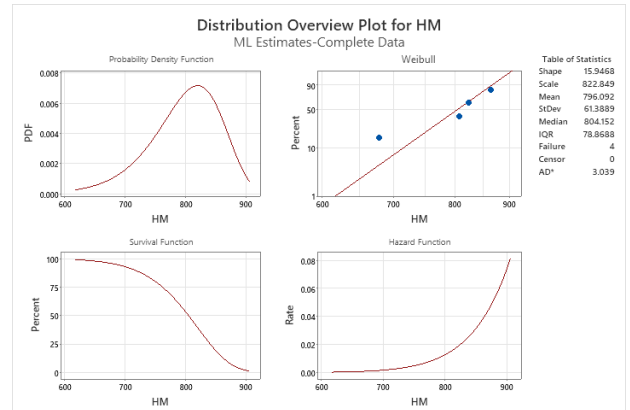
Tabel 4. Hasil Perhitungan MTTF Komponen Kritis

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	15.9468	822.849	1.06	0.968744	796.092
2	AP.250.85	Hose	15.9468	822.849	1.06	0.968744	796.092
3	AP.250.86	Hose	20.3983	1076.26	1.05	0.973504	1048.26
4	AP.250.84	Hose	20.3983	1076.26	1.05	0.973504	1048.26
5	AP.250.70	Oil Seal	29.8666	1065.39	1.03	0.98355	1069.47
6	AP.250.6	Seal Ring	29.8666	1065.39	1.03	0.98355	1069.47
7	AP.250.33	Seal Ring	29.8666	1065.39	1.03	0.98355	1069.47

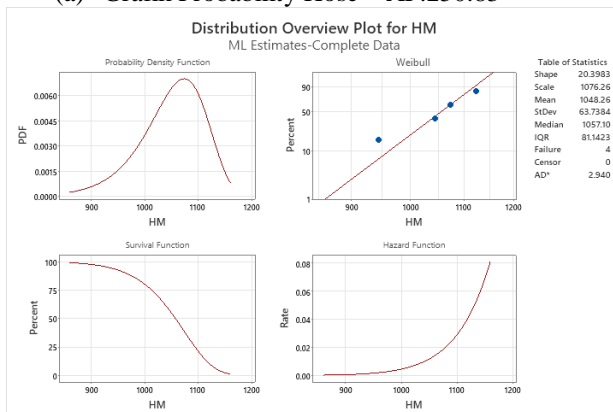
Pada Gambar 2 terlihat hasil keluaran dari software Minitab 21 yang memberikan simulasi grafik “Distribution Overview Plot” yang memuat kurva sebagai berikut.



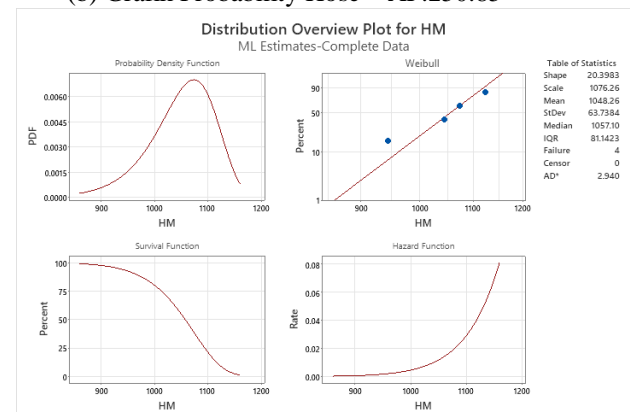
(a) Grafik Probability Hose – AP.250.83



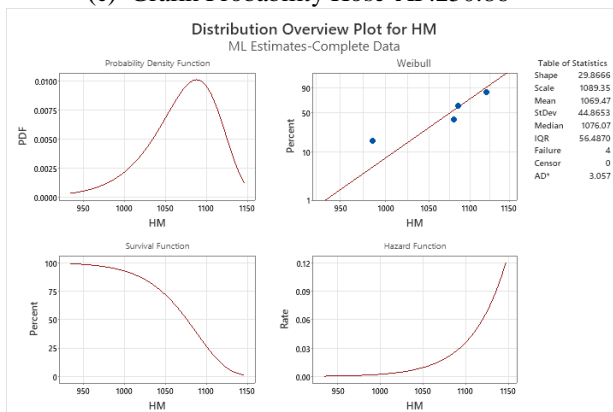
(b) Grafik Probability Hose – AP.250.85



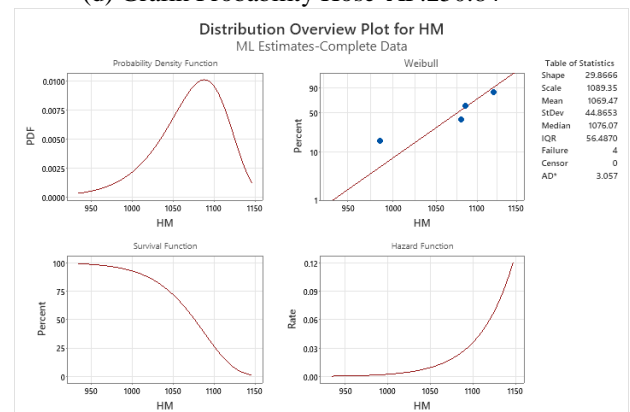
(c) Grafik Probability Hose-AP.250.86



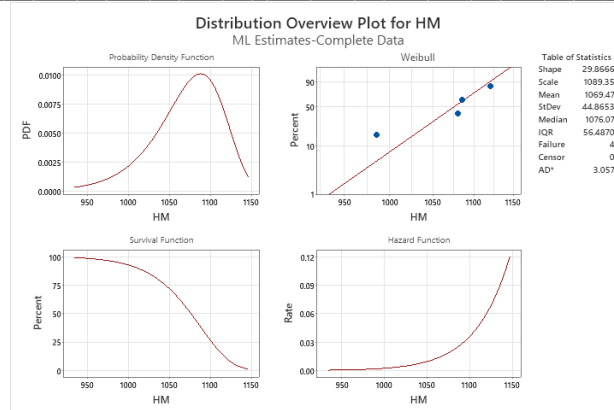
(d) Grafik Probability Hose-AP.250.84



(E) Grafik Probability Oil Seal-AP.250.70



(f) Grafik Probability Seal Ring-AP.250.6

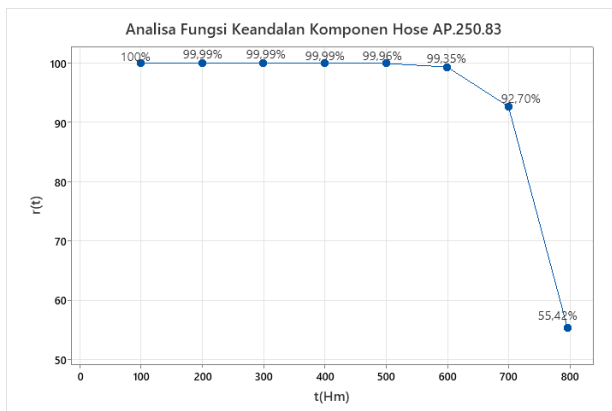


(g) Grafik Probability Seal Ring-AP.250.33

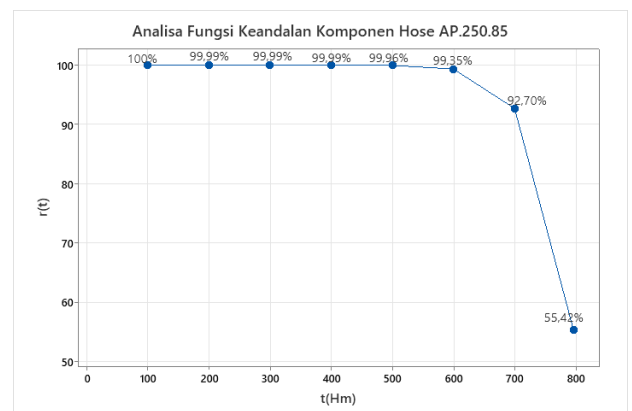
Gambar 3. Grafik Komponen Kritis

3.5 Analisa Fungsi Keandalan/ Reliability Komponen Kritis

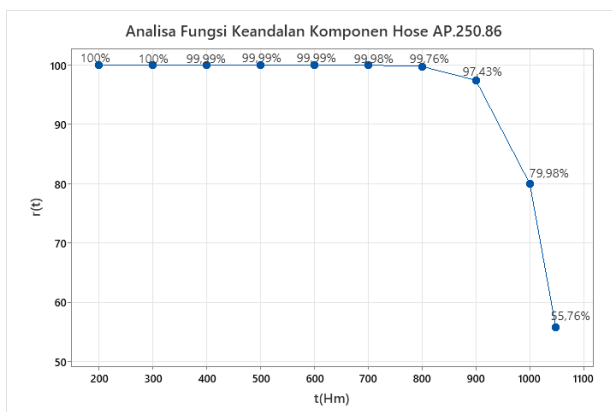
Setelah melakukan perhitungan MTTF pada setiap komponen yang mengalami kerusakan. Langkah selanjutnya melakukan analisis fungsi keandalan untuk mengetahui nilai keandalan dari masing-masing komponen yang ada. Pada Gambar 4 dapat dilihat grafik fungsi keandalan pada komponen kritis sebagai berikut.



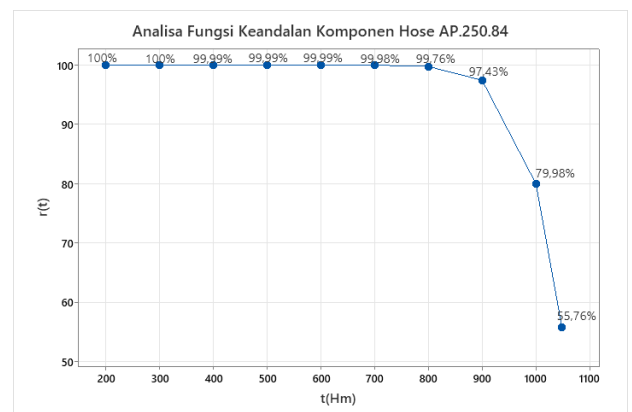
(a)



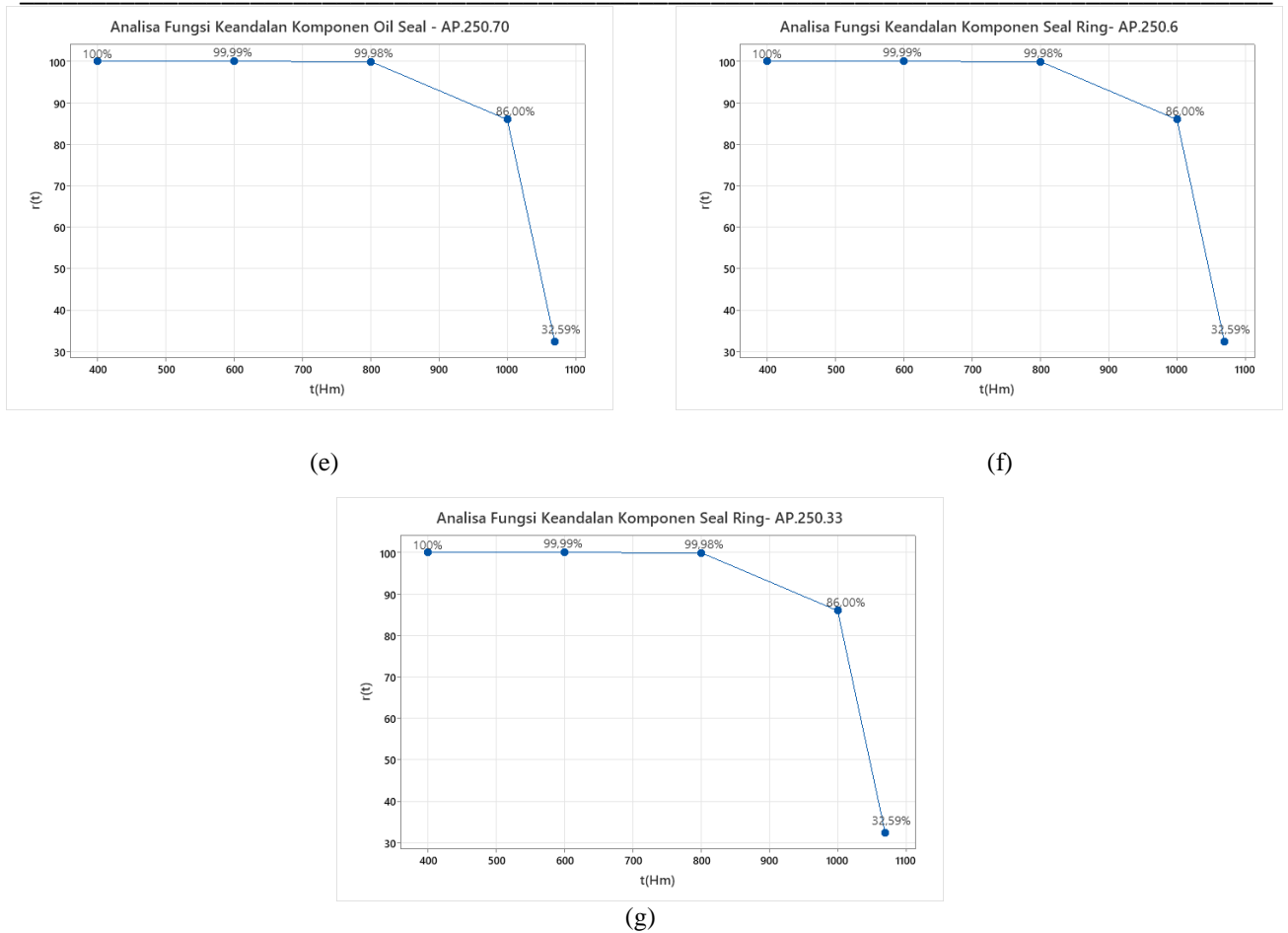
(b)



(c)



(d)



Gambar 4. Grafik 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 250 liter per detik sebagai berikut.

Tabel 5. Jadwal *Periodic Maintenance* Komponen Berdasarkan MTTF

No	Part Number	Part	MTTF	Interval Pergantian
1	AP.250.83	Hose	796.092	750
2	AP.250.85	Hose	796.092	750
3	AP.250.86	Hose	1048.26	1000
4	AP.250.84	Hose	1048.26	1000
5	AP.250.70	Oil Seal	1069.47	1000
6	AP.250.6	Seal Ring	1069.47	1000
7	AP.250.33	Seal Ring	1069.47	1000

8	AP.250.60	O - Ring	1766.73	1500
9	AP.250.75	O - Ring	1766.73	1500
10	AP.250.76	O - Ring	1766.73	1500
11	AP.250.80	O - Ring	1766.73	1500
12	AP.250.43	Out Ring	1766.73	1500
13	AP.8250.44	Wear Ring	1766.73	1500

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian Analisis Reliability Komponen Kritis Hydraulic Axial Pump 250 LPS Menggunakan Probability Plot dan Fishbone Root Cause Analysis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- 1) Pemilihan komponen kritis dengan menggunakan metode critical analysis melalui pembobotan (weighing factor) menghasilkan 7 komponen kritis dari total 13 komponen yang mengalami kerusakan. Adapun 7 komponen kritis yang terpilih dengan menggunakan metode tersebut, yaitu hose – AP.250.83 dengan nilai total 35, hose – AP.250.85 dengan nilai total 35, hose – AP.250.86 dengan nilai total 35, hose – AP.250.84 dengan nilai total 35, oil seal – AP.250.70 dengan nilai total 35, seal ring – AP.250.6 dengan nilai total 35 dan seal ring – AP.250.33 dengan nilai total 35.
- 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 metode identifikasi masalah belum menggunakan sensor, belum adanya perawatan yang rutin terhadap hose dan penggunaan pompa langsung bertekanan yang tinggi, Selain itu untuk faktor manusia rakitan yang tidak sesuai sehingga dapat menimbulkan kebocoran pada hose, kurangnya proses maintenance yang tepat dan operator tidak mengikuti SOP penggunaan pompa. Kemudian ada faktor mesin, banyaknya kapasitas oli yang berada dalam mesin, masuknya udara dalam system hidrolik dan terdapat kebocoran dan gelembung pada bagian hose. Faktor terakhir, yaitu material dapat dilihat dari suhu tekanan tinggi sehingga membuat hose mudah getas dan material yang digunakan pada hose tidak berkualitas.
- 3) Terdapat satu distribusi kerusakan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Weibull. Komponen yang menggunakan distribusi kerusakan Weibull sebanyak 13 komponen, yaitu hose – AP.250.83, hose – AP.250.85, hose – AP.250.86, hose – AP.250.84, oil seal – AP.250.70, seal ring – AP.250.6, seal ring – AP.250.33, o-ring – AP.250.60, o-ring – AP.250.75, o-ring – AP.250.76, o-ring – AP.250.80, out ring – AP.250.43 dan wear ring – AP.250.44.
- 4) Dengan menggunakan satu distribusi kerusakan didapatkan lifetime prediction pada setiap komponen dengan menghitung MTTF (Mean Time To Failure). Berikut ini merupakan nilai MTTF masing-masing komponen, yaitu hose – AP.250.83 adalah 796,092 jam, hose – AP.250.85 adalah 796,092 jam, hose – AP.250.86 adalah 1048,26 jam, hose – AP.250.84 adalah 1048,26 jam, oil seal – AP.250.70 adalah 1069,47 jam, seal ring – AP.250.6 adalah 1069,47 jam, seal ring – AP.250.33 adalah 1069,47 jam, o-ring – AP.250.60 adalah 1766,73 jam, o-ring – AP.250.75 adalah 1766,73 jam, o-ring – AP.250.76 adalah 1766,73 jam, o-ring – AP.250.80 adalah 1766,73 jam, out ring – AP.250.43 adalah 1766,73 jam dan wear ring – AP.250.44 adalah 1766,73 jam.
- 5) Berdasarkan analisis perhitungan reliability maka didapatkan nilai fungsi keandalan berdasarkan nilai MTTF dari masing-masing komponen, yaitu hose – AP.250.83 adalah 55,42% pada 796,092 jam, hose – AP.250.85 adalah 55,42% pada 796,092 jam, hose – AP.250.86 adalah 55,76% pada 1048,26 jam, hose – AP.250.84 adalah 55,76% pada 1048,26 jam, oil seal – AP.250.70 adalah 32,59% pada 1069,47 jam, seal ring – AP.250.6 adalah 32,59% pada 1069,47 jam, seal ring – AP.250.33 adalah 32,59% pada 1069,47 jam, o-ring – AP.250.60 adalah 56,83% pada 1766,73 jam, o-ring – AP.250.75 adalah 56,83% pada 1766,73 jam, o-ring – AP.250.76 adalah 56,83% pada 1766,73 jam, o-ring – AP.250.80 adalah 56,83% pada 1766,73 jam, out ring – AP.250.43 adalah 56,83% pada 1766,73 jam dan wear ring – AP.250.44 adalah 56,83% pada 1766,73 jam.
- 6) Berdasarkan nilai MTTF setiap komponen maka dapat disusun jadwal periodic maintenance untuk setiap komponen, yaitu pada interval 750 HM (PS-1) adalah hose – AP.250.83 dan hose – AP.250.85. Pada interval 1000 HM (PS-2) adalah hose – AP.250.86, hose – AP.250.84, oil seal – AP.250.70, seal ring – AP.250.6, dan seal ring – AP.250.33. Pada interval 1500 (PS-4) adalah o-ring – AP.250.60, o-ring – AP.250.75, o-ring – AP.250.76, o-ring – AP.250.80, out ring – AP.250.43, dan wear ring – AP.250.44.

5. Daftar Pustaka

- [1]. Iwan, N. G. (2014). Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal Di Unit Utility PT.ABC.
- [2]. Ahyari, Agus. 2002. Manajemen Produksi - Pengendalian Produksi. Yogyakarta: BPFE.
- [3]. Taufik, T., & Septyani, S. (2015). Penentuan interval waktu perawatan komponen kritis padamesin turbin di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. jurnal optimasi sistem industri, 14(2), 238-258.
- [4]. Cipto Prasetyo, (2017).Praktikum Prestasi Mesin Pompa Sentrifugal,Institut Sains Dan Teknologi Al-Kamal.

-
- [5]. Adigama, A. S. (2011). Penyusunan Schedule Perawatan Sepeda Motor Honda Supra X 125 Sub-Assembly Rem Berbasis Reliability Centered Maintenance (RCM). Diss Diponegoro University.
 - [6]. Rosa, Y. (2012). Perencanaan dan Penerapan Preventive Maintenance Peralatan Laboratorium. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 2, No. 2, pp. 106-119.
 - [7]. Ebeling, C. E. (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
 - [8]. Muhtadi, M. Z. (2009). Manajemen Pemeliharaan untuk Optimalisasi Laba Perusahaan. JURNAL PENDIDIKAN AKUNTANSI INDONESIA, Vol. 8, No. 1, pp. 35-43.
 - [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 DentalClinic X. *Faktor Exacta*, 4(4), 350-366.