

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN OSTHOFF
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)**

(Studi Kasus: PT. DAN LIRIS Divisi *Dyeing and Printing*)



**Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik**

Oleh:

ANGGI TAMA PUTRI

D 600 160 060

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN OSTHOFF
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)
(Studi Kasus: PT. DAN LIRIS Divisi *Dyeing and Printing*)**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh

ANGGI TAMA PUTRI

D 600 160 060

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing,



Ir. Ahmad Kholid Alghofari, S.T., M.T

NIK. 985

HALAMAN PENGESAHAN

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN OSTHOFF
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)
(Studi Kasus: PT. DAN LIRIS Divisi *Dyeing and Printing*)**

Oleh

ANGGI TAMA PUTRI

D 600 160 060

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji


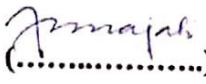
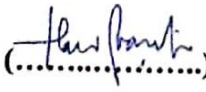
Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Hari, Kamis 31 Desember 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. **Ir. Ahmad Kholid Alghofari, S.T., M.T.** ()
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Munajat Tri Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.** ()
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Hari Prasetyo, S.T., M.T., Ph.D.** ()
(Anggota II Dewan Penguji)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 31 Desember 2020

Penulis



ANGGI TAMA PUTRI

D 600 160 060

**USULAN PERANCANGAN PEMELIHARAAN MESIN OSTHOFF
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)
(Studi Kasus: PT. DAN LIRIS Divisi *Dyeing and Printing*)**

ABSTRAK

PT. Dan Liris merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi *textile* dan *garment*. PT. Dan Liris memiliki empat divisi, salah satunya yaitu divisi *dyeing and printing*. Mesin yang memiliki *downtime* terbesar pada divisi ini yaitu mesin Osthoff yang dipilih sebagai objek penelitian. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* yang digunakan untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu komponen dapat kontinu dalam memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi *mode* kegagalan kritis, merekomendasikan usulan jenis tindakan perbaikan dan menentukan interval waktu perawatan komponen kritis. Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh dari 8 *failure mode* terdapat 2 *failure mode* yang merupakan prioritas kegagalan yaitu *cooling pipe* mampat dan *heat exchanger* kotor. Usulan jenis tindakan perbaikan pada prioritas kegagalan yaitu *finding failure* (FF). Setelah diolah lebih lanjut menggunakan diagram pareto diperoleh tiga komponen kritis yang dapat dihitung nilai MTTF, ketiga komponen tersebut meliputi komponen *cooling pipe*, *heat exchanger*, dan *water filter* dengan interval waktu perawatannya berturut-turut yaitu setiap 1491,580 jam, 1327,2 jam, dan 1606,684 jam.

Kata Kunci : Mesin Osthoff, *Reliability Centered Maintenance*, MTTF.

ABSTRACT

PT. Dan Liris is a manufacturing company that produces textiles and garments. PT. Dan Liris has four divisions, one of which is the dyeing and printing division. The machine that has the highest downtime in this division is the Osthoff machine which has been chosen as the research object. This study uses the Reliability Centered Maintenance method to determine the actions to be taken to ensure that a component can continue to fulfill the expected functions in the context of its current operation. The purpose of this study is to identify critical failure modes, recommend the type of corrective action proposal, and determine the critical component maintenance time interval. Based on the results of data processing, from 8 failure modes, there are 2 failure modes which are priority failures, namely compressed cooling pipes and dirty heat exchangers. The proposed types of remedial action for priority failure are finding failure (FF). After further processing using the Pareto diagram, There are 3 critical components that can be processed for the MTTF values, three components include the cooling pipe component, heat exchanger, and water filter with maintenance time intervals respectively 1491.580 hours, 1327.2 hours, and 1606.684 hours.

Keywords: *Osthoff Machine, Reliability Centered Maintenance, MTTF.*

1. PENDAHULUAN

Suatu mesin terdiri dari berbagai komponen penting yang dapat mendukung kelancaran proses produksi. Adanya pemeliharaan pada komponen diharapkan mampu memberikan kinerja seoptimal mungkin dalam mendukung kelancaran proses produksi (Susanto dan Azwir, 2018). Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada suatu komponen mesin dapat

berbeda-beda tindakannya, sesuai dengan karakteristik komponen itu sendiri (Rasindyo, Kusmaningrum dan Helianty, 2015).

Komponen yang bekerja secara terus menerus lama kelamaan akan mengalami penurunan kinerja dan keandalan. Oleh sebab itu, diperlukan adanya perawatan atau *maintenance* dalam menjaga kinerja dan keandalan suatu komponen atau sistem. *Maintenance* merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan *output* sesuai dengan yang dikehendaki (Hidayah dan Ahmadi, 2017). *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah sebuah metode yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar sembarang aset fisik dapat kontinu dalam memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini (Pranoto, 2015).

Melalui metode RCM didapatkan informasi mengenai apa saja yang perlu dilakukan untuk menjamin mesin agar dapat beroperasi dengan baik. RCM difokuskan pada melestarikan fungsi-fungsi dari sistem (Sajaradj, Huda dan Sinulingga, 2019). Selain itu, metode RCM mempunyai keunggulan dalam menentukan program pemeliharaan yang berfokus pada komponen atau mesin-mesin yang kritis dan menghilangkan kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval pemeliharaan yang optimal.

PT. Dan Liris merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi *textile* dan *garment*. PT. Dan Liris memiliki empat divisi, salah satunya yaitu divisi *dyeing and printing*, divisi ini merupakan bagian produksi yang bertugas melakukan pencelupan kain terhadap warna. Pada divisi *dyeing and printing* kain *greige* akan melalui proses awal berupa proses pembakaran bulu yang dilakukan oleh mesin Osthoff. Mesin Osthoff bekerja untuk menghilangkan serat yang menonjol pada permukaan kain ketika kain dilewatkan pada api (Hussain, 2008). Berdasarkan catatan data kerusakan mesin yang terdapat pada divisi *dyeing and printing*, mesin Osthoff merupakan mesin yang memiliki *downtime* tertinggi. Kerusakan yang dialami mesin Osthoff dapat mengganggu berjalannya proses produksi. Proses pemeliharaan pada mesin Osthoff yang dilakukan oleh tim *maintenance* melakukan sistem pemeliharaan secara *preventive* dan *corrective maintenance*. Pemeliharaan secara *corrective* dapat mengganggu berjalannya proses produksi karena dapat menghentikan proses produksi (Suryono & Rosyidi, 2018), sehingga proses pembakaran bulu pada kain *greige* dapat terhambat dan *supply* kain untuk proses selanjutnya juga berkurang. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti mencoba memberikan usulan manajemen sistem pemeliharaan dengan menggunakan metode RCM. Metode RCM digunakan dengan tujuan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang paling kritis, merekomendasikan usulan jenis tindakan perawatan dan

selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan interval waktu perawatan pada komponen kritis mesin Osthoff.

2. METODE

Tahapan dalam melakukan penelitian ini yaitu studi pendahuluan, membuat perumusan masalah, penetapan tujuan, studi literatur, observasi terhadap mesin Osthoff, pengumpulan data yang terdiri dari data primer (wawancara terhadap kepala *maintenance*) dan data sekunder (*manual book* mesin Osthoff dan data kerusakan mesin). Selanjutnya melakukan pengolahan data menggunakan metode *RCM*, perhitungan interval perawatan, analisis data dan mengambil kesimpulan serta saran.

2.1 Reliability Centered Maintenance

Terdapat tujuh langkah yang dilakukan dalam penerapan metode *RCM* yaitu sebagai berikut (Smith dan Hinchcliffe, 2004):

1.) System Selection and Information Collection

Pada tahap ini dilakukan pemilihan sistem yang akan dilakukan analisis. Terdapat alasan untuk pemilihan sistem yaitu (Aufar, Kusmaningrum dan Prasetyo, 2014):

- (1) Sistem yang memiliki jumlah kegiatan dan biaya *preventive maintenance* yang tinggi selama lebih dari dua tahun.
- (2) Sistem yang memiliki jumlah kegiatan dan biaya *corrective maintenance* yang tinggi selama lebih dari dua tahun.
- (3) Sistem yang memiliki dampak yang tinggi terhadap keselamatan dan keamanan.
- (4) Sistem yang memiliki kontribusi yang besar.

2.) System Boundary Definition

Berisi tentang apa yang harus dimasukkan dan tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas (Azis, Suprawardhana dan Purwanto, 2010).

3.) System Description and Functional Block Diagram

Pada tahap ini dilakukan identifikasi sistem secara detail yang meliputi deskripsi sistem, *functional block diagram* dan *system work breakdown structure* (Hidayah dan Ahmadi, 2017).

4.) System Function and Functional Failure

Langkah ini dilakukan identifikasi fungsi sistem yang merupakan kinerja yang diharapkan oleh suatu sistem untuk dapat beroperasi (Hidayah dan Ahmadi, 2017), serta kegagalan fungsi dari sistem dimana sistem tidak mampu untuk memenuhi standar prestasi yang diharapkan (Azis, Suprawardhana dan Purwanto, 2010).

5.) *Grey Failure Mode and Effect Analysis (Grey FMEA)*

FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi *failure mode* dan membantu memprioritaskan *failure mode* yang diidentifikasi (Jiang dkk., 2016). FMEA merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa masalah yang terjadi dengan mempertimbangkan factor *severity*, *occurrence* dan *detection* (McDermott dkk., 2009). *Grey theory* pertama kali diperkenalkan oleh Julong Deng pada tahun 1982, yang digunakan untuk memperkuat metode penyelesaian masalah yang berkaitan dengan karakteristik keputusan berupa informasi yang tidak lengkap dan memeriksa perilaku sistem dengan menggunakan analisa hubungan dan penyusunan model (Tjahjaningsih, 2016). *Grey FMEA* merupakan proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem, metode ini merupakan gabungan antara dua metode yaitu FMEA dan *grey theory* (Tamin, Sinaga dan M. Rambe, 2013). Untuk mengatasi kelemahan FMEA tradisional dalam menentukan prioritas risiko, digunakan pendekatan *Grey FMEA* yang dapat memberikan keputusan keputusan penentuan prioritas *failure mode* yang tepat (Ozturk dan Sofyalioglu, 2012).

6.) *Logic Tree Analysis (LTA)*

Tahap LTA merupakan proses kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi kegagalan dari *failure mode*. Konsekuensi kegagalan tersebut meliputi: *evident*, *safety*, dan *outage* (Moubray, 1997). Kemudian hasilnya digunakan untuk menentukan kegagalan termasuk ke dalam kategori: A, B, C atau D (Hidayah & Ahmadi, 2017).

7.) *Task Selection*

Proses ini dilakukan guna menentukan tindakan yang tepat untuk *failure mode*. Terdapat empat tindakan yang dapat dipilih yaitu *time directed (TD)*, *conditional directed (CD)*, *failure finding (FF)*, *Run to failure (RTF)* (Aufar, Kusmaningrum dan Prasetyo, 2014).

2.2 Perhitungan Waktu Rata-Rata Menuju Kerusakan (MTTF)

Setelah didapatkan tindakan perawatan, selanjutnya dilakukan pengujian pola distribusi kerusakan dengan menggunakan data waktu antar kerusakan (*Time to Failure*) dan data lama waktu perbaikan mesin Osthoff menggunakan *software EasyFit*. Distribusi kerusakan merupakan informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan. Terdapat empat macam distribusi kerusakan yaitu distribusi eksponensial, weibull, normal, dan lognormal (Usadha dkk., 2017). Selanjutnya menentukan interval waktu perawatan komponen dengan melakukan perhitungan MTTF. MTTF (*Mean Time to Failure*) adalah rata-rata lama (waktu) pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak (Pandi dkk., 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 System Selection and Information Collection

Analisis sistem dengan metode RCM dilakukan pada mesin Osthoff VP99-H/7147 karena mesin Osthoff memiliki waktu *downtime* selama 78,7 jam pada tahun 2018 dan 92,23 jam selama 2019, dimana jumlah ini merupakan jumlah *downtime* tertinggi yang terdapat pada divisi *dyeing and printing*.

3.2 System Boundary Definition

Batasan sistem pada mesin Osthoff terdiri dari 13 sub sistem yang meliputi *fabric pull roll*, *J box*, *swivel arm*, *traversing device*, *brush dust extracting unit*, *gas train*, *singeing unit*, *spark extinguishing device*, *cleaning and dust extracting unit*, *air washer NFI*, *impregnating compartment*, *squeezing mangle* dan *big batching device*. Batasan dari sub sistem mesin Osthoff dijelaskan pada tabel 1.

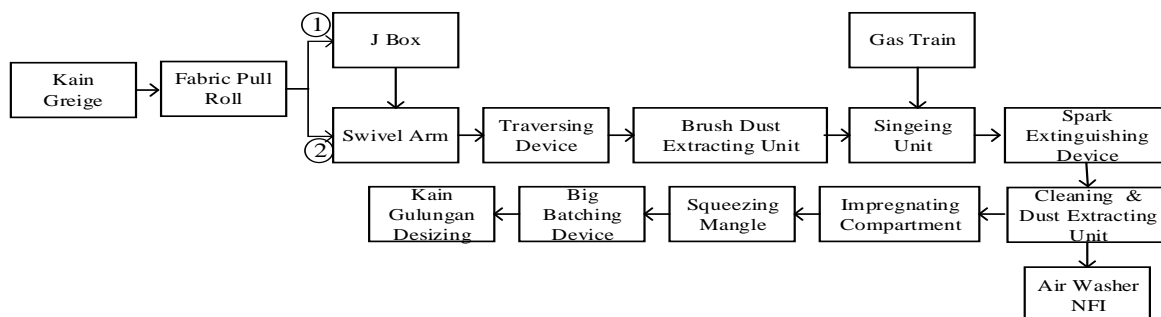
Tabel 1. Batasan Sistem Mesin Osthoff

Tipe	Batasan Sistem	Lokasi Keterkaitan
In	Fabric pull roll sistem 1	Kain greige dijahit dan masuk, kemudian pada saat gulungan kain akan habis dan memiliki panjang tertentu maka sensor air cylinder akan aktif dan tuas air cylinder bekerja menarik pull roll dan menyatukan dua buah roll yaitu guide roll dan pull roll, kedua roll berputar dan speed roll dipercepat.
Out	Fabric pull roll sistem 1	Kain greige ditarik masuk dan ditandu pada bagian J Box, baru kemudian menuju swivel arm.
In	Fabric pull roll sistem 2	Pada kondisi normal jalur menuju J Box tertutup dan hanya guide roll yang aktif berputar.
Out	Fabric pull roll sistem 2	Kain greige masuk ke bagian swivel arm tanpa melewati bagian J Box.
In	Buttom swivel arm sistem	Sensor aktif menggerakkan air cylinder untuk mengatur panjang pendek tuas air cylinder. Air cylinder mengatur panjang pendek tuas untuk menaikkan atau menurunkan roll guna menstabilkan tegangan kain.
In	Top swivel arm sistem	Buttom swivel arm menarik kain kemudian kain masuk pada roller bagian top swivel arm. Air cylinder menyatukan dua roller sehingga roller dapat bekerja melakukan pengepressan pada kain greige, bottom dan top swivel arm bekerja sama agar menghasilkan tegangan kain sesuai dengan yang diinginkan.
In	Traversing device sistem	Kain yang tegangannya telah diatur selanjutnya masuk menuju traversing device. Dimana lever diputar manual untuk mengatur lebar antar rubber roll sehingga kain berada pada posisi setting (posisi tengah).
In	Brush dust extracting sistem	Kain greige yang telah berada pada posisi setting kemudian melewati proses penyikatan bulu. Hand wheel diputar untuk mengatur sudut brush roll supaya brush mengenai permukaan kain dan bulu yang terdapat pada kain terangkat.
In	Gas train sistem	Gas dari tabung induk dialirkan pada pipa untuk membakar burner guna melakukan pembakaran bulu pada permukaan kain greige.
Out	Gas train sistem	Gas yang dialirkan masuk ke dalam singeing machine melalui courrugated pipe.
In	Singeing unit sistem	Gas yang dialirkan dari gas train diatur tekanannya dengan gas pressure switch kemudian digunakan untuk proses pembakaran di bagian burner

Tipe	Batasan Sistem	Lokasi Keterkaitan
		guna melakukan proses bakar bulu yang terdapat pada permukaan kain greige.
In	Singeing unit sistem	Water flow yang diproses pada bagian heat exchanger dialirkan ke dalam singeing unit digunakan untuk mendinginkan roller.
In	Spark extinguishing device sistem	Lebar jarak antara flame extinguishing belt kanan dan kiri di atur menggunakan tombol pengatur flame secara manual.
In	Cleaning and dust extracting sistem	Kain greige yang telah melalui proses pemadaman api kemudian masuk ke dalam proses penghilangan abu hasil bakar bulu. Hand wheel diputar untuk mengatur sudut beating segment roll supaya permukaan kain dapat bersih dari abu.
In	Air washer NFI sistem	Air dialirkan melalui flexible tube masuk ke dalam aie washer NFI. Abu yang sudah dirontokkan pada bagian cleaning and dust extracting kemudian dihisap menggunakan blower dan masuk ke dalam bagian air washer NFI. Abu dilarutkan menggunakan air guna mempermudah proses pembuangan.
Out	Air washer NFI sistem	Abu yang sudah tercampur dengan air dibuang melalui drain valve yang terletak pada bagian bawah air washer NFI.
In	Impregnating compartment sistem	Setelah kain bersih, kain masuk ke dalam impregnating compartment, terdapat cairan enzim dan air untuk menghasilkan cairan chemical guna menghilangkan kanji yang terdapat pada kain. Lever sensor bekerja untuk melakukan penambahan cairan enzim dan air sesuai dengan takaran yang sudah ditentukan.
In	Impregnating compartment sistem	Thermocouple bekerja untuk memanaskan cairan chemical, dimana pemanas akan bekerja apabila suhu cairan berada di bawah 65°.
In	Squeezing mangle sistem	Kain yang telah terendam cairan chemical selanjutnya diperas, kain masuk ke dalam roller lalu pressure roll menekan kain, tekanan pada pressure roll diatur oleh sensor limit switch.
In	Squeezing mangle sistem	Lubrication berisi grease yang dialirkan melalui polyamide tube untuk pelumasan bearing.
Out	Squeezing mangle sistem	Perasan cairan chemical yang terbawa oleh kain dan cairan chemical yang masuk kembali ke dalam impregnating compartment.
Out	Big batching sistem	Gulungan kain greige yang membawa cairan chemical untuk proses penghilangan kanji.

3.3 System Description and Functional Block Diagram

Functional block diagram (FBD) merupakan diagram yang menjelaskan aliran fungsional suatu sistem yang dibuat berdasarkan urutan langkah demi langkah (Hidayah dan Ahmadi, 2017). FBD dari ke tiga belas sub sistem mesin Osthoff ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Functional Block Diagram Mesin Osthoff

3.4 System Functions and Functional Failures

Berdasarkan data kerusakan mesin Osthoff dari bulan januari 2018 hingga desember 2019 didapatkan fungsi sistem dan kegagalan pada mesin Osthoff yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Sistem dan Kegagalan Mesin Osthoff

Sub sistem	No. Fungsi	No. Kegagalan	Deskripsi Kegagalan	Jumlah kerusakan
Singeing machine	7		Tempat melakukan pembakaran bulu pada permukaan kain yang terintegrasi dengan proses pendinginan roller	
		7.2	Bearing rotor motor macet	2
		7.5	Heat exchanger kotor	5
		7.6	Seal heat exchanger bocor	1
		7.7	Saluran cooling (cooling pipe) mampat	7
		7.9	Mekanik seal pompa kurang rapat	1
		7.10	Mekanik seal pompa rusak	1
		7.11	Water Filter kotor	5
		7.13	Alat pemecah gelembung (Air stone) kotor	1

3.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

1) FMEA

Langkah selanjutnya yaitu FMEA, tahapan ini dilakukan untuk memperoleh analisis *failure mode* (Rizkya dkk. 2019) yang ditemukan pada mesin Osthoff. Tabel FMEA mesin Osthoff dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) Mesin Oshoff

No.	Failure Mode	Occurrence	Severity	Detection
1	Bearing rotor motor macet	2	9	8
2	Mekanik seal kurang rapat	2	7	6
3	Mekanik seal rusak	2	8	6
4	Heat exchanger kotor	3	9	9
5	Water filter kotor	3	9	4
6	Saluran cooling (cooling pipe) mampat	3	9	9
7	Alat pemecah gelembung (air stone) kotor	2	9	5
8	Seal heat exchanger bocor	2	9	7

2) Grey FMEA

Grey FMEA merupakan tahapan yang dilakukan untuk penentuan nilai prioritas yang diperoleh dari hasil FMEA yang mencakup tiga faktor yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* Langkah grey FMEA yaitu (Mendonca Silva *et al.*, 2016):

(1) Menetapkan seri perbandingan (X_i)

Langkah pertama yaitu memasukkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada masing-masing mode kegagalan (Wilson & Eddy, 2015).

X_1	2	9	8
X_2	2	7	6
X_3	2	8	6

X ₄	3	9	9
X ₅	3	9	4
X ₆	3	9	9
X ₇	2	9	5
X ₈	2	9	7

(2) Menetapkan seri standar (X₀)

Langkah kedua, menentukan nilai standar yaitu dengan cara mengambil dari nilai terkecil yang terdapat pada seluruh *severity*, *occurrence*, dan *detection* yaitu 2.

(3) Mencari perbedaan antara seri standar dan seri perbandingan

$$\Delta_{oj}(k) = \| X_0(k) - X_j(k) \| \quad (1)$$

Berikut merupakan hasil perhitungan pengurangan dari nilai seri standar dan seri perbandingan:

X _{j1}	0	7	6
X _{j2}	0	5	4
X _{j3}	0	6	4
X _{j4}	1	7	7
X _{j5}	1	7	2
X _{j6}	1	7	7
X _{j7}	0	7	3
X _{j8}	0	7	5

(4) Menghitung koefisien relasional *grey*

Langkah keempat yaitu menghitung nilai koefisien relasional *grey* dengan cara mencari nilai Δ_{min} yaitu 0 dan Δ_{max} yaitu 7 sedangkan untuk koefisien ζ yaitu sebesar 0,5. Persamaan

$$\text{untuk menghitung pada Langkah ini yaitu: } \gamma (X_0(k), X_j(k)) = \frac{\Delta_{min} + \zeta \Delta_{max}}{\Delta_{oj}(k) + \zeta \Delta_{max}} \quad (2)$$

Diperoleh nilai koefisien relasional *grey* yaitu sebagai berikut:

X _{j1}	γ_{01}	1	0,3333	0,3684
X _{j2}	γ_{02}	1	0,4118	0,4667
X _{j3}	γ_{03}	0,7778	0,3684	0,4667
X _{j4}	γ_{04}	0,7778	0,3333	0,3333
X _{j5}	γ_{05}	0,7778	0,3333	0,6364
X _{j6}	γ_{06}	1	0,3333	0,3333
X _{j7}	γ_{07}	1	0,3333	0,5385
X _{j8}	γ_{08}	1	0,3333	0,4118

(5) Menghitung derajat hubungan *grey*

Langkah kelima yaitu melakukan perhitungan derajat hubungan *grey*, langkah ini digunakan untuk mengetahui nilai prioritas untuk masing-masing mode kegagalan, perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Gamma (X_i, X_j) = \sum_{k=1}^n \beta_k \gamma (X_i(k), X_j(k)) \quad (3)$$

Berikut merupakan hasil perhitungan derajat hubungan *grey*:

Γ_{01}	0,5673	Γ_{03}	0,6117	Γ_{05}	0,5825	Γ_{07}	0,6239
Γ_{02}	0,6261	Γ_{04}	0,4815	Γ_{06}	0,4815	Γ_{08}	0,5817

(6) Mengurutkan tingkat risiko berdasarkan prioritas

Tingkat risiko diurutkan berdasarkan nilai terkecil hingga terbesar sehingga diperoleh hasil prioritas mode kegagalan yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Urutan Prioritas *Grey* FMEA

Nilai Derajat Hubungan		Rank	Nilai Derajat Hubungan		Rank
Γ_{04}	0,4815	1	Γ_{05}	0,5825	5
Γ_{06}	0,4815	2	Γ_{03}	0,6117	6
Γ_{01}	0,5673	3	Γ_{07}	0,6239	7
Γ_{08}	0,5817	4	Γ_{02}	0,6261	8

Berdasarkan pengolahan data *grey* FMEA didapatkan bahwa prioritas risiko kegagalan utama diperoleh pada *failure mode* berupa saluran *cooling* mampat dan *heat exchanger* kotor yang masing-masing *failure mode* memiliki nilai derajat hubungan sebesar 0,4815.

3.6 Logic Tree Analysis (LTA)

Langkah ke enam proses RCM yaitu LTA, setelah dilakukan proses analisis LTA diperoleh 4 *failure mode* yang terdapat pada mesin Osthoff termasuk ke dalam kegagalan dengan kategori B yang berarti *failure mode* yang terjadi dapat mengakibatkan sistem dan proses produksi terhenti dan 4 *failure mode* lainnya masuk kedalam kategori D/B yang berarti kegagalan sulit dideteksi dan menyebabkan sistem serta proses produksi terhenti. LTA dari kedelapan *failure mode* ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. LTA Mesin Osthoff

No.	Failure Mode	Functional Failure	Critically			Category	Comment
			Evident	Safety	Outage		
1.	Bearing rotor motor macet	Motor pompa cooling short.	Yes	No.	Yes	B	Kegagalan terdeteksi ketika muncul peringatan alarm pengaman motor pada monitor, segera dilakukan pengecekan dan pembongkaran untuk mengganti bearing yang rusak dengan yang baru.
2.	Mekanik seal pompa kurang rapat	Pompa cooling bocor.	Yes	No.	Yes	B	Kegagalan terdeteksi ketika air menetes dari bagian as pompa sementara putaran pompa masih normal, segera dilakukan pengecekan dan penggantian per mekanik.
3.	Mekanik seal pompa rusak		Yes	No.	Yes	B	Kegagalan terdeteksi ketika air dengan deras keluar dari bagian as pompa, segera dilakukan perbaikan dan penggantian spare part yang sesuai.
4.	Heat exchanger kotor	Debit air yang masuk ke dalam singeing berkurang.	No	No.	Yes	D/B	Kegagalan terdeteksi ketika alarm flow kontrol air muncul namun alarm belum menentukan dimana letak kegagalan komponen serta keberadaan plat heat exchanger yang berada didalam tidak dapat terlihat langsung secara visual maka perlu dilakukan pengecekan kondisi mesin dan pembongkaran heat exchanger.

No.	Failure Mode	Functional Failure	Critically			Category	Comment
			Evident	Safety	Outage		
5.	Water filter kotor		Yes	No.	Yes	B	Kegagalan terdeteksi ketika alarm flow kontrol air muncul dan filter air terlihat keruh, segera dilakukan pengecekan kondisi mesin dan penggantian kassa serta cleaning filter air.
6.	Saluran cooling (cooling pipe) mampat		No	No.	Yes	D/B	Kegagalan terdeteksi ketika muncul alarm flow control air, namun alarm belum menentukan dimana letak kegagalan komponen segera dilakukan pengecekan kondisi mesin dan pembersihan saluran.
7.	Alat pemecah gelembung (air stone) kotor		No	No.	Yes	D/B	Kegagalan dapat terdeteksi ketika alarm flow control air berbunyi, namun alarm belum menentukan dimana letak kegagalan komponen segera dilakukan pengecekan kondisi mesin dan pembersihan pada alat pemecah gelembung.
8.	Seal heat exchanger bocor		No	No.	Yes	D/B	Kegagalan terdeteksi ketika muncul alarm flow kontrol air. Segera dilakukan pengecekan kondisi mesin dan penggantian seal heat exchanger.

3.7 Task Selection

Langkah terakhir dari metode RCM yaitu *task selection* yang dilakukan untuk menentukan kebijakan perawatan yang paling mungkin untuk diterapkan pada mesin Osthoff untuk masing-masing *failure mode*. Hasil analisis *task selection* pada kedelapan *failure mode* diperoleh 3 *failure mode* menghasilkan usulan *task selection* berupa CD (*conditional directed*), 4 *failure mode* menghasilkan usulan *task selection* berupa *finding failure* (FF) dan 1 *failure mode* berupa TD (*time directed*). Hasil rekapitulasi analisis *task selection* mesin Osthoff dapat dilihat pada tabel 6.

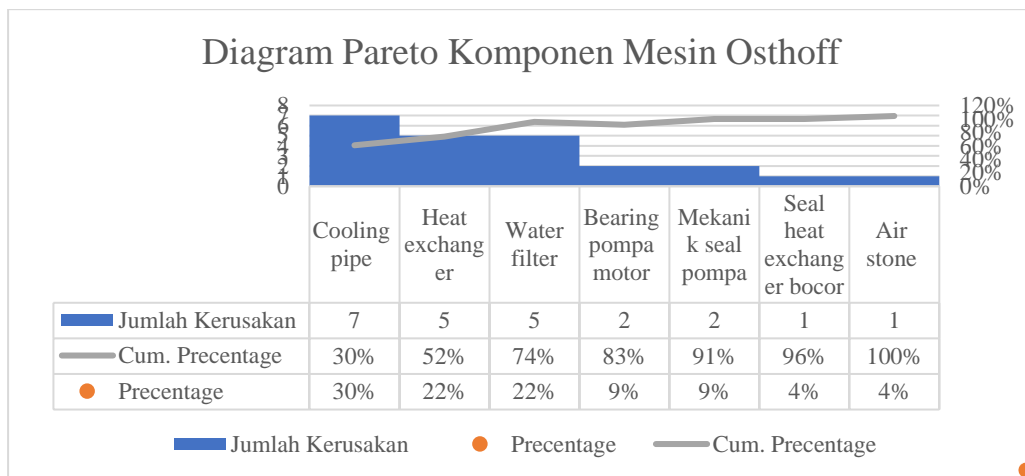
Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Analisis *Task Selection* Mesin Oshoff

No.	Task Selection	Failure Mode	Alasan
1.	CD	Bearing rotor motor macet	Task selection dengan kategori conditional directed (CD) dipilih karena tindakan ini melakukan pemeriksaan secara langsung untuk memastikan kondisi komponen pada saat itu, apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen untuk mencegah perluasan kerusakan komponen.
2.		Mekanik seal pompa kurang rapat	
3.		Mekanik seal pompa rusak	
4.	FF	Heat exchanger kotor	Task selection dengan kategori finding failure (FF) dipilih karena kegagalan ini menyebabkan alarm flow kontrol air berbunyi namun letak kegagalan tidak diketahui sehingga perlu dilakukan pengecekan secara periodik dan perlu adanya perancangan alarm flow kontrol air yang lebih detail untuk mengetahui komponen mana yang bermasalah.
5.		Alat pemecah gelembung (air stone) kotor	
6.		Saluran cooling (cooling pipe) mampat	

7.		Seal heat exchanger bocor	
8.	TD	Water filter kotor	Task selection dengan kategori time directed (TD) dipilih karena pada komponen ini memungkinkan untuk dilakukan tindakan kegiatan perawatan secara berkala sehingga komponen dapat terjaga fungsinya untuk meminimalisasi dampak kerusakan komponen yang besar terhadap proses produksi.

3.8 Perhitungan MTTF

1.) Analisis Diagram Pareto



Gambar 2. Diagram Pareto Komponen Mesin Osthoff

Berdasarkan hasil analisis diagram pareto pada gambar 2 diperoleh dari 6 komponen yang mengalami kerusakan pada mesin Oshoff, komponen yang memiliki jumlah kerusakan tinggi dan masuk ke dalam total persentase kerusakan sebesar 74% maka komponen tersebut di prioritaskan untuk dilakukan langkah selanjutnya yaitu perhitungan waktu rata-rata menuju kerusakan. Komponen mesin Oshoff yang dan juga dilakukan perhitungan waktu rata-rata menuju kerusakan yaitu komponen *cooling pipe*, *heat exchanger*, dan *water filter*.

2.) Perhitungan Waktu Menuju Kerusakan (TTF/*Time to Failure*)

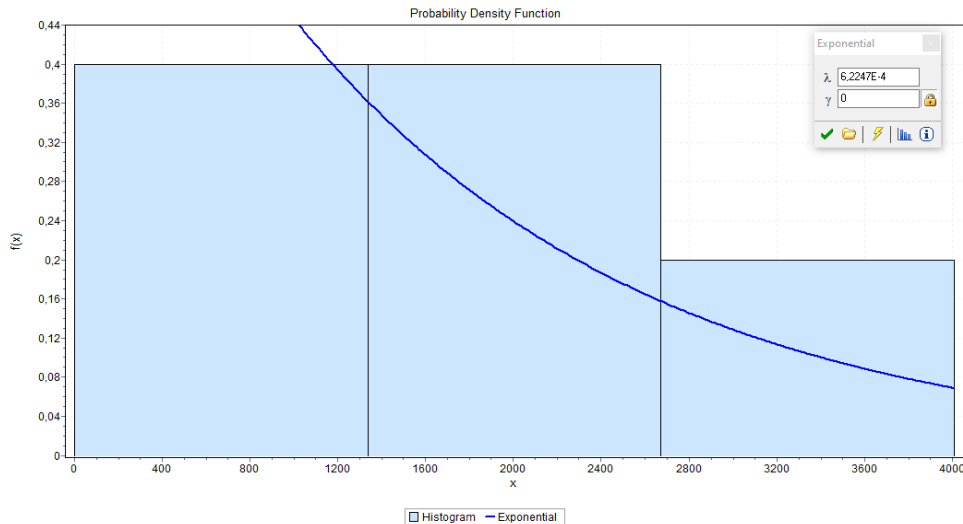
Sampel data perawatan komponen *water filter* untuk perhitungan *time to failure* ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Data Waktu Menuju Kerusakan (Time to Failure) Komponen Water Filter

Tanggal	Mode kerusakan	Start (jam)	Stop (jam)	Lama Perbaikan (menit)	TTF (jam)
04/05/2018	Water filter kotor	06:00	07:00	60	0
08/01/2019	Water filter kotor	09:00	10:00	60	4010
11/02/2019	Water filter kotor	08:30	09:30	60	574,5
22/05/2019	Water filter kotor	09:00	10:30	90	1631,5
10/09/2019	Water filter kotor	03:00	05:00	120	1816,5

3.) Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF)

Setelah memperoleh TTF dari komponen maka langkah berikutnya yaitu menentukan pola distribusi untuk menghitung rata-rata waktu menuju kerusakan. *Software* yang digunakan untuk menentukan pola distribusi dari data TTF yaitu *software Easyfit 5.5*. Hasil pola distribusi dari komponen *water filter* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pola Distribusi Kerusakan Komponen *Water Filter*

Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh dari perhitungan TTF, komponen *water filter* berdistribusi eksponensial dengan parameter berupa $\lambda = 6,224E-4$, sehingga untuk menghitung waktu rata-rata menuju kerusakan (MTTF) komponen digunakan persamaan sebagai berikut (Sunaryo, Legisnal dan Denur, 2018):

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (4) \quad MTTF = \frac{1}{6,224E-4} \quad MTTF = 1606,684 \text{ jam}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan nilai MTTF untuk ketiga komponen mesin Osthoff dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan MTTF Komponen Kritis Mesin Osthoff

No.	Komponen	Pola Distribusi	Parameter	MTTF (jam)	Reliability	T jika R 50% (jam)
1	Cooling pipe	Ekspensial	$\lambda = 6,7043E-4$	1491,580	0,368	1033,884
2	Heat exchanger	Normal	$\mu = 1327,2$ dan $\sigma = 1620,7$	1327,2	0,5	1327,2
3	Water filter	Ekspensial	$\lambda = 6,224E-4$	1606,684	0,368	1113,668

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT. Dan Liris pada mesin Osthoff maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat sebanyak 8 *failure mode* yang telah teridentifikasi pada mesin Osthoff berdasarkan data kerusakan mesin Osthoff tahun 2018 hingga 2019 yang meliputi; *bearing* rotor motor macet, mekanik *seal* kurang rapat, mekanik *seal* rusak, *heat exchanger* kotor, *water filter* kotor, *cooling pipe* mampat, *air stone* kotor dan *seal heat exchanger* bocor. Penentuan prioritas kegagalan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor *severity*, *occurrence* dan *detection* pada *failure mode* menggunakan *grey* FMEA yang prosesnya dilakukan secara diskusi kepada Kepala *Maintenance* PT. Dan Liris divisi *dyeing and printing* sehingga diperoleh dua *failure mode* yang merupakan prioritas risiko kegagalan utama yaitu *cooling pipe* mampat dan *heat exchanger* kotor.
2. Hasil analisis data menggunakan LTA dan *task selection* pada *failure mode* kritis yaitu untuk komponen *cooling pipe* mampat dan *heat exchanger* kotor termasuk dalam *failure mode* kategori “D/B” yang berarti bahwa kegagalan yang terjadi sulit untuk dideteksi dan kegagalan mengakibatkan sistem serta proses produksi terhenti, sehingga tindakan yang dapat dilakukan adalah *finding failure* (FF). Tindakan FF dipilih karena dapat dilakukan pemeriksaan secara periodik dan melakukan perancangan *alarm flow* kontrol air yang lebih detail untuk mengetahui komponen mana yang bermasalah.
3. Hasil dari perhitungan waktu rata-rata menuju kerusakan (MTTF) pada komponen kritis yang dipilih berdasarkan analisis diagram pareto terdapat 3 komponen kritis yaitu komponen *cooling pipe* yang memiliki interval waktu perawatan setiap 1491,580 jam, komponen *heat exchanger* memiliki interval waktu perawatan setiap 1327,2 jam, dan komponen *water filter* memiliki interval waktu perawatan setiap 1606,684 jam.

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan berdasarkan hasil analisa dari penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Analisa pemilihan tindakan perawatan menggunakan metode RCM diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif sistem perawatan di PT. Dan Liris yang lebih baik.
2. Perlu adanya pelatihan dan pemahaman mengenai cara kerja komponen dan bagaimana cara merawat masing-masing komponen agar apabila terjadi kerusakan dapat segera

dilakukan tindakan perbaikan dan tidak terjadi kesalahan pembongkaran dan pemasangan pada komponen, supaya dapat meminimalisasi *downtime*.

3. Apabila sistem perawatan menggunakan metode RCM diterapkan maka diperlukan adanya pelatihan dan pemahaman mengenai metode RCM dan juga perhitungan MTTF kepada pihak *maintenance*.
4. Perlu dilakukan peninjauan dan perbaikan sistem pencatatan perawatan harian mesin, dimana pencatatan tidak hanya dilakukan secara manual dengan tulis tangan, tapi juga dilakukan dalam bentuk *soft file* untuk memudahkan pembacaan data dan tersimpannya riwayat perawatan mesin dengan baik.
5. Perlu dilakukan pembelian *heat exchanger* yang digunakan sebagai cadangan saat *heat exchanger* yang sedang dipakai mengalami kerusakan untuk mengurai waktu perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aufar, A. N., Kusmaningrum, & Prasetyo, H. (2014). Usulan Kebijakan Perawatan Area Produksi Trim Chassis Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus : PT. Nissan Motor Indonesia). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 02(04), 25–36.
- Azis, M. T., Suprawardhana, M. S., & Purwanto, T. P. (2010). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Berbasis Web Pada Sistem Pendingin Primer Di Reaktor Serba Guna Ga. Siwabessy. *JFN*, 4(1), 81–98.
- Hidayah, N. Y., & Ahmadi, N. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 167–176.
- Hussain, T. (2008). Singeing Fundamentals. In *Fiber 2 Fashion*. National Textile University.
- Jiang, W., Xie, C., Wei, B., & Zhou, D. (2016). A modified method for risk evaluation in failure modes and effects analysis of aircraft turbine rotor blades. *Advances in Mechanical Engineering*, 8(4), 1–16.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). *The Basics Of FMEA* (Second Edi). CRC Press Taylor and Francis Group.
- Mendonça Silva, M., Poleto, T., Silva, L. C. E., Henriques De Gusmao, A. P., & Cabral Seixas Costa, A. P. (2016). A grey theory based approach to big data risk management using FMEA. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016, 1–15.
- Moubray. (1997). *Reliability Centred Maintenance* (Second). Division of Reed Education and Professional Publishing Ltd.
- Ozturk, S., & Sofyalioglu, C. (2012). Application of Grey Relational Analysis with Fuzzy AHP to FMEA Method. *Dogus Universitesi Dergisi*, 1(13), 114–130.

- Pandi, S. D., Santosa, H., & Mulyono, J. (2014). Perancangan Preventive Maintenance Pada Mesin Corrugating dan Mesin Flexo di PT. Surindo Teguh Gemilang. *Jurnal Ilmiah WidyaTeknik*, 13(1), 33–38.
- Pranoto, H. (2015). *Reliability Centered Maintenance*. Mitra Wacana Media.
- Rasindyo, M. R., Kusmaningrum, & Helianty, Y. (2015). Analisis Kebijakan Perawatan Mesin Cincinnati Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT. Dirgantara Indonesia. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 03(1), 400–410.
- Rizkya, I., Siregar, I., Siregar, K., Matondang, R., & Henri, E. W. (2019). Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode. *ICENIS*, 5, 1–4.
- Sajaradj, Z., Huda, L. N., & Sinulingga, S. (2019). The Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods to Design Maintenance System in Manufacturing (Journal Review). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505(1).
- Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2004). RCM: Gateway to World Class Maintenance. In *RCM: Gateway to World Class Maintenance*. Elsevier Butterworth.
- Sunaryo, Legisnal, & Denur. (2018). Aplikasi Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Sistem Saluran Gas Mesin Wartsila. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 1(2), 27–35.
- Suryono, M. A. E., & Rosyidi, C. N. (2018). Reliability Centred Maintenance (RCM) Analysis of Laser Machine in Filling Lithos at PT X. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 319(1).
- Susanto, A. D., & Azwir, H. H. (2018). Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(1), 21.
- Tamin, W., Sinaga, T., & M. Rambe, A. (2013). Penerapan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Dengan Mengaplikasikan Grey Fmea Pada Pt. Wxy. *Jurnal Teknik Industri USU*, 1(3), 53–59.
- Tjahjaningsih, Y. S. (2016). Penentuan Prioritas Perbaikan Kegagalan Proses dalam Pengendalian Kualitas dengan Mengintegrasikan FMEA dan Grey Theory. *Seminar nasional Inovasi dan Aplikasi teknologi di Industri*, 1(2), C.170-C.175.
- Usadha, I. G. N. rai, Lukitosari, V., & Rohmah, R. N. (2017). Analisa Kehandalan pada Peralatan Unit Penggilingan Akhir Semen untuk Menentukan Jadwal Perawatan Mesin. *Universitas Airlangga*, 436.
- Wilson, & Eddy. (2015). Perancangan Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi di PT. Kharisma Abadi sejati. *Biltek*, 05(19), 1–7.