

Penentuan Interval Perawatan Mesin *Open Top Roller* Menggunakan *Reliability Centered Maintenance*

Abang Sandi Nurahman Azam Yuda^{1*}, Ari Zaqi Al-Faritsy²

^{1,2)} Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl. Glagahsari No. 63, Daerah Istimewa Yogyakarta 55164, Indonesia

Email: ari_zaqi@uty.ac.id, sandinurahman16@gmail.com

* *Corresponding Author*

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang perkebunan dan produksi teh. Masalah yang dihadapi dalam proses produksi adalah tingginya *downtime* mesin *Open Top Roller* yang disebabkan oleh kerusakan pada komponen mesin seperti *bearing*, gigi *worm*, as, dan elektrik motor. Penelitian menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menentukan interval waktu perawatan dengan pendekatan MTTF serta tindakan perawatan yang harus dilakukan dan *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) untuk menganalisis resiko kerusakan/kegagalan komponen mesin *Open Top Roller* dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menganalisis penyebab kegagalan fungsi dan menentukan solusi perawatan yang optimal. Tujuan dari penelitian adalah menentukan tindakan perawatan mesin *Open Top Roller* untuk mengurangi *downtime* mesin dan frekuensi kerusakan. Berdasarkan hasil analisis RCM dan FMEA, tindakan perawatan yang dipilih untuk komponen kritis mesin *Open Top Roller* yaitu *bearing*, gigi *worm*, as, dan *electric motor* adalah *Time Directed* (TD) dengan waktu penjadwalan perawatan setiap komponen berbeda – beda seperti komponen *bearing* adalah 6 hari, gigi *worm* adalah 7 hari, as adalah 6 hari, dan *electric motor* adalah 8 hari. Sedangkan tindakan perawatan yang *Condition Directed* (CD) dengan monitoring sebelum, saat dan sesudah proses produksi adalah komponen VanBelt B78. Penerapan RCM diharapkan dapat meningkatkan efektivitas perawatan mesin, mengurangi frekuensi kerusakan, mengurangi *downtime* mesin dan mendukung kelancaran serta efisiensi proses produksi di PT. XYZ.

Kata kunci: FMEA, Kerusakan Mesin, *Mean Time Failure*, *Reliability Centered Maintenance*, *Time Directed*.

ABSTRACT

PT. XYZ is a company engaged in tea plantation and production. The problem in the production process is the high *downtime* of the *Open Top Roller* machine caused by damage to machine components such as bearings, worm gears, axle, and electric motors. The study uses the *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method to determine maintenance time intervals with the MTTF approach and the maintenance actions that must be carried out and *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) to analyze the risk of damage/failure of *Open Top Roller* machine components with a qualitative and quantitative approach to analyze the causes of functional failures and determine optimal maintenance solutions. The purpose of the study is to determine *Open Top Roller* machine maintenance actions to reduce machine *downtime* and frequency of damage. Based on the results of the RCM and FMEA analysis, the selected maintenance actions for critical components of the *Open Top Roller* machine, namely bearings, worm gears, axle, and electric motors, are *time-directed* (TD) with different maintenance scheduling times for each component, such as the bearing component is 6 days, the worm gear is 7 days, the axle is 6 days, and the electric motor is 8 days. Meanwhile, *Condition Directed* (CD) maintenance actions with monitoring before, during, and after the production process are for the VanBelt B78 component. The implementation of RCM is expected to increase the effectiveness of machine maintenance, reduce the frequency of breakdowns, reduce machine *downtime*, and support the smooth and efficient production process at PT. XYZ.

Keywords: Engine Failure, FMEA, *Mean Time Failure*, *Reliability Centered Maintenance*, *Time Directed*.

I. PENDAHULUAN

Pemeliharaan (*maintenance*) menurut (Satrijo et al., 2021) dapat diartikan sebagai suatu aktivitas guna merawat peralatan agar selalu dalam keadaan siap pakai untuk mendukung proses produksi berjalan secara efektif dan efisien. Kegiatan pemeliharaan adalah suatu kegiatan rutin yang diperlukan untuk menjaga peralatan agar dapat digunakan sesuai dengan fungsinya (Sajaradj et al., 2019). Dengan demikian,

tindakan pemeliharaan dilakukan secara berurutan untuk memperbaiki suatu komponen agar dapat digunakan kembali setelah mengalami kerusakan atau menjaga fasilitas agar sesuai dengan standar ketika digunakan.

Menurut (Siregar & Munthe, 2019) mendefinisikan pemeliharaan adalah sebuah bagian yang tidak terlepas dari kegiatan produksi dalam sebuah organisasi industri, peralatan/mesin atau fasilitas produksi yang digunakan secara kontinyu untuk proses produksi sehingga perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan seperti pemeriksaan berkala, pelumasan, perbaikan serta penggantian *sparepart*. Perawatan preventif adalah tindakan perawatan yang direncanakan dan dilaksanakan sebelum adanya kerusakan pada suatu bagian mesin atau peralatan (Zein et al., 2019). Perawatan preventif dapat dilakukan dengan penjadwalan perawatan secara teratur. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat digunakan untuk analisis penjadwalan perawatan (Rosianto et al., 2023). Implementasi RCM mampu mengurangi *downtime*, meningkatkan *reliability* dan mampu mengurangi biaya perawatan mesin (Geisbush & Ariaratnam, 2023).

Pada PT. XYZ khususnya di bagian produksi sering terjadi kasus kerusakan komponen pada mesin *open top troller* yang mengakibatkan terjadi *downtime* mesin dengan waktu yang bervariasi seperti komponen *Bearing* 740 Menit, *Gigi Worm* 660 menit, *As* 555 menit, *VanBelt* B78 300 Menit, *Electric motor* 255 Menit. Mesin *open top troller* berfungsi untuk menggulung daun teh yang telah layu hingga memar dan dinding sel rusak sehingga cairan keluar di permukaan secara merata dan memiliki kapasitas produksi sebesar 350 Kg. Dampak dari tingginya waktu *downtime* mesin adalah adanya peningkatan keterlambatan proses produksi dan tidak mencapai target produksi. Hal ini menunjukkan pentingnya perawatan mesin harus dilakukan secara berkala sehingga dapat meminimalisir kerusakan-kerusakan yang terjadi pada mesin *open top troller* tersebut. Berikut ini data *Downtime* pada mesin *Open Top Roller* PT. XYZ.

Tabel 1. Data *Downtime* pada Mesin *Open Top Roller* Tahun 2024

Komponen	Tanggal	Jam awal kerusakan	Jam akhir kerusakan	<i>Downtime</i>
Bearing	3/6/2024	14:15	14:45	30
	22/6/2024	9:30	10:05	35
	10/7/2024	10:15	15:15	300
	26/7/2024	9:00	9:30	30
	16/8/2024	10:00	14:00	240
	29/8/2024	11:00	11:40	40
	15/9/2024	11:00	11:30	30
	27/9/2024	14:30	15:05	35
	Total <i>Downtime Bearing</i>			
Gigi Worm	3/6/2024	11:30	12:00	30
	20/6/2024	11:30	15:30	240
	7/7/2024	9:00	9:30	30
	22/7/2024	10:30	11:15	45
	14/8/2024	13:00	13:45	45
	30/8/2024	11:00	11:30	30
	19/9/2024	9:30	13:30	240
	Total <i>Downtime Gigi Worm</i>			
As	9/6/2024	11:30	12:15	45
	22/6/2024	9:00	10:00	60
	3/7/2024	13:00	14:00	60
	13/7/2024	13:00	14:15	45
	26/7/2024	8:30	12:30	240
	20/8/2024	9:00	10:15	45
	16/9/2024	10:00	11:00	60
Total <i>Downtime As</i>				555
Vanbelt B78	1/6/2024	9:00	9:30	30
	16/6/2024	11:00	11:30	30
	8/7/2024	13:00	14:00	60
	25/7/2024	10:30	11:30	60
	15/8/2024	8:30	9:00	30
	10/9/2024	13:30	14:30	60
	29/9/2024	11:00	11:30	30
Total <i>Downtime Vanbelt B78</i>				300

Tabel 1. Data *Downtime* pada Mesin *Open Top Roller* Tahun 2024 (Lanjutan)

Komponen	Tanggal	Jam awal kerusakan	Jam akhir kerusakan	<i>Downtime</i>
<i>Electric Motor</i>	1/6/2024	10:30	11:00	30
	17/6/2024	14:30	15:15	45
	9/7/2024	9:00	10:00	30
	29/7/2024	9:30	10:30	30
	19/8/2024	13:30	14:15	45
	7/9/2024	11:00	11:45	45
	30/9/2024	13:00	13:30	30
	1/6/2024	10:30	11:00	30
Total <i>Downtime Electric Motor</i>				255
Jumlah Keseluruhan				2510

Sumber: Data Perusahaan (2024)

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah pendekatan untuk manajemen perawatan fasilitas dan aset fisik yang memastikan setiap komponen atau sistem berfungsi optimal selama masa operasionalnya (Raharja et al., 2021). RCM melibatkan langkah-langkah seperti pemilihan sistem, identifikasi komponen kritis, analisis distribusi kegagalan, perhitungan MTTF penentuan tingkat keandalan komponen, dan analisis dampak preventive maintenance. Fungsi distribusi kegagalan adalah fungsi matematis yang menggambarkan distribusi probabilitas waktu hingga kegagalan suatu sistem atau komponen (Purnomo et al., 2021). Beberapa distribusi yang umum digunakan adalah distribusi normal, eksponensial, dan Weibull. FMEA adalah metode untuk menganalisis potensi kegagalan sistem dan mengidentifikasi langkah-langkah pencegahan yang diperlukan (Afif & Sudarto, 2022).

Implementasi metode RCM banyak digunakan dalam menentukan penjadwalan perawatan seperti penelitian (Armanda et al., 2023) yang melakukan evaluasi perawatan dengan mesin *standing pouch* dalam proses minyak goreng. Selain itu penelitian yang lain (Faris Rudiana et al., 2024), metode RCM diaplikasikan dalam perawatan mesin produksi dengan pendekatan alat analisis yang digunakan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Metode RCM dengan pendekatan FMEA sudah banyak diaplikasikan pada berbagai mesin selain pada mesin *Open Top Roller*. RCM juga dilakukan dalam perencanaan perawatan mesin yang mampu meningkatkan *availabiliy* mesin dan mengurangi *downtime* mesin (Rodríguez-Padial et al., 2024).

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian adalah untuk Mengetahui kerusakan komponen paling parah pada mesin *Open Top Roller*, Mengetahui Periode Penjadwalan mesin *Open Top Roller* dengan pendekatan Metode *Realibility Centered Maintenance* dan Mengetahui pemilihan tindakan perawatan komponen mesin *Open Top Roller*.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi teh jenis teh hitam. Objek pada penelitian ini mengambil pada tahapan proses penggilingan daun teh menggunakan mesin *Open Top Roller* di area Produksi PT. XYZ. Penelitian berkaitan dengan analisis kerusakan mesin untuk mengetahui kerusakan paling parah pada mesin dan mengetahui pemilihan tindakan perawatan untuk meminimalisir dampak dari kerusakan yang di timbulkan pada mesin. Data dikumpulkan dengan teknik observasi mesin secara langsung, dokumentasi kerusakan mesin dan waktu perawatan mesin serta wawancara tentang fungsi dan penyebab kegagalan mesin. Berdasarkan RCM-*gateway to world class maintenance*, langkah-langkah yang diperlukan dalam proses RCM adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi
 Proses RCM pada sistem yang akan dianalisis akan memperoleh informasi yang jelas dan detail tentang fungsi dan kegagalan fungsi komponen.
2. Pendefinisian Batasan Sistem
 Langkah ini memerlukan definisi batas sistem yang lebih mendalam. Pendefinisian batas sistem ini bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya.
3. Diagram Sistem dan Diagram Blok Fungsi
 Diagram blok fungsional mengilustrasikan relasi antara fungsi utama dan komponen pendukung atau sub-sistem, dengan cara ini, struktur sistem dan interaksi antar komponen dapat dipahami, dan hasilnya dapat digunakan untuk merencanakan jadwal perawatan di masa mendatang (Azwir et al., 2020).
4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi
 Mengenai kegagalan fungsi yang terjadi pada sistem yang sedang diselidiki. Penjelasan mengenai kegagalan, komponen yang terlibat, dan interaksi antar komponen pada sistem tersebut dianalisis secara rinci (Hasan et al., 2020)

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

FMEA adalah salah satu metode yang digunakan sebagai alat analisis yang sistematis terhadap kegagalan, melibatkan penelitian penyebab, dampak, dan metode deteksi kegagalan tersebut (Sariyusda, 2018). FMEA menghitung *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan kriteria probabilitas, deteksi, dan tingkat keparahan untuk mendapatkan tindakan penanggulangan risiko berprioritas tinggi. (Suherman & Cahyana, 2019).

6. LTA (*Logic Tree Analysis*)

Analisis *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan analisa kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing failure mode yang telah didapatkan pada tahap analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Tujuan LTA adalah untuk mengklasifikasikan failure mode ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan prioritas dalam penanganan masing-masing failure mode berdasarkan kategorinya (Sodikin & Satria Jati, 2022). Proses LTA menggunakan pertanyaan logika yang sederhana atau struktur keputusan ke dalam empat kategori, setiap pertanyaan akan dijawab "Ya" atau "Tidak". Hal yang penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

a. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?

b. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?

c. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?

d. *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni:

1) Kategori A (*Safety problem*): Jika *failure mode* mempunyai konsekuensi *safety* terhadap personal maupun lingkungan.

2) Kategori B (*Outage problem*): Jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap operasional plant.

3) Kategori C (*Economic problem*): Jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun operasional plant dan hanya menyebabkan kerugian.

4) Kategori D (*Hidden failure*): Jika *failure mode* tergolong sebagai hidden failure, tidak disadari dan sulit dideteksi oleh operator.

7. Pemilihan Tindakan

Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk setiap mode kerusakan tertentu. Tindakan perawatan terbagi menjadi 3 jenis, yaitu:

a. *Condition Directed* (C.D) Tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan dilakukan *visual inspection*, memeriksa alat, serta mengecek data yang ada. Apabila dalam pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan, maka dilakukan perbaikan atau penggantian komponen.

b. *Time Directed* (T.D) Tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan berdasar pada waktu atau umur komponen.

c. *Finding Failure* (F.F) Tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tidak terdeteksi dengan melakukan pengecekan secara berkala.

Mean Time To Failure (MTTF) adalah rata-rata waktu atau interval waktu kerusakan mesin atau komponen dalam distribusi Kegagalan. Pola distribusi kerusakan mesin atau komponennya biasanya merupakan *distribusi Weibull*, *Lognormal*, Eksponensial, dan *Normal*. Pola-pola berikut ini merupakan pola yang umum menggambarkan distribusi kerusakan komponen mesin.

$$1. \text{ MTTF Distribusi Weibull} = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (1)$$

$$2. \text{ MTTF Distribusi Lognormal} = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2)$$

$$3. \text{ MTTF Distribusi Eksponensial} = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

$$4. \text{ MTTF Distribusi Normal} = \mu \quad (4)$$

Keterangan:

α : parameter skala *Weibull*;

Γ : fungsi *gamma*;

β : parameter bentuk *Weibull*;

exp : bilangan eksponensial = 2,718;

μ : rata – rata;

σ : standar deviasi;

λ : laju kegagalan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

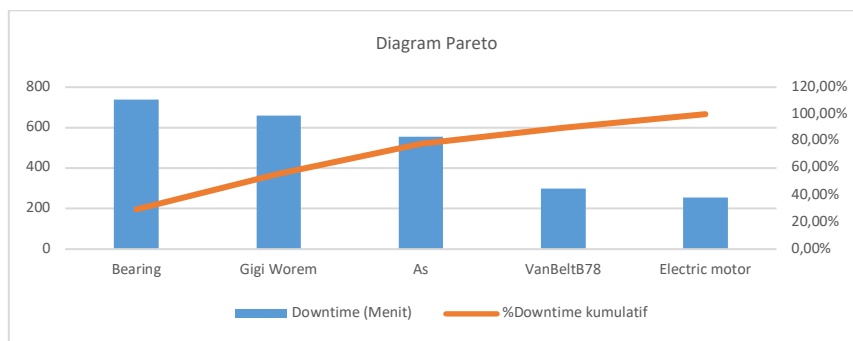
Open Top Roller merupakan mesin yang digunakan untuk menggulungdaun teh yang telah layu hingga memar dan dinding sel rusak sehingga cairan keluar dipermukaan secara merata. Fungsi dan kegagalan komponen mesin *Open Top Roller* sebagai berikut:

1. *Bearing*
 Bearing merupakan alat yang digunakan untuk menopang poros yang berputar untuk mengurangi gesekan dan mendistribusikan beban merata pada area kontak mesin *Open Top Roller*. Kegagalan yang terjadi pada bearing adalah aus pecah dan deformasi karena beban berlebih pada putaran mesin menghasilkan getaran yang cukup kuat
2. *Gigi Worm*
 Fungsi utama gigi worm adalah untuk mengurangi kecepatan rotasi antara dua poros dengan rasio reduksi tinggi. Mudahnya gigi *worm* mempunyai peran penting sebagai pengatur kecepatan, metransmisikan daya, mengubah torsi dan menggerakkan beban berat. Kegagalan yang terjadi adalah roda gigi mengalami aus, dan retak.
3. *As*
As berfungsi untuk mendukung pergerakan komponen komponen penting seperti meneruskan daya dari motor ke *roller*, mengurangi getaran dan gesekan serta menjaga kestabilan *roller*. Kegagalan as salah satunya adalah aus yaitu terjadi akibat gesekan yang terus menerus dengan bearing dan komponen lainnya
4. *V-Belt B78*
 Van Belt B78 sebagai komponen utama dalam sistem transmisi yang menghubungkan motor penggerak dengan bagian lain seperti roller. Kegagalan yang terjadi adalah putusnya *vanbelt* yang disebabkan oleh gesekan terus menerus dengan *pulley*.
5. *Electric motor*
Electric motor sebagai komponen yang menggerakkan berbagai komponen mesin agar proses penggulangan dan oksidasi daun teh berjalan dengan optimal. Kegagalan yang sering terjadi pada *Electric motor* biasanya di sebabkan oleh *Overheating* beban kerja berlebih, *korsleting* dan putaran motor tidak stabil.

Hasil perhitungan presentase *downtime* untuk kerusakan komponen lainnya dapat dilihat dari tabel 2 dan Diagram pareto pada gambar 1.

Tabel 2. Presentase *Downtime* Kerusakan Komponen

No	Komponen	<i>Downtime</i> (Menit)	% <i>Downtime</i>	% <i>Downtime</i> kumulatif
1	Bearing	740	29.48%	29.48%
2	Gigi Worm	660	26.29%	55.78%
3	As	555	22.11%	77.89%
4	VanBeltB78	300	11.95%	89.84%
5	Electric motor	255	10.16%	100.00%
	Jumlah	2510	100.00%	



Gambar 1. Diagram Pareto Kegagalan Komponen

Berdasarkan hasil diagram di atas didapatkan bahwa diantara komponen *Bearing*, *Gigi Worm*, *As*, *Vanbelt B78*, *Electric motor* adalah komponen mesin yang paling sering mengalami perbaikan dengan waktu *Downtime* yaitu 740 menit untuk komponen *Bearing* dan 660 menit untuk komponen *Gigi Worm*.

3.1 Perhitungan TTF dan TTR

1. Perhitungan waktu kerusakan TTF komponen

Waktu yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan pada titik ini adalah jumlah waktu antara proses kerusakan dan titik dimana kerusakan berulang. Untuk perhitungan *Time To Failure* dan *Time to Repair* untuk jadwal kerusakan pada tanggal 03 Juni 2024 sampai dengan 27 September 2024 jam kerja mulai dari pukul 08:00 hingga pukul 16:00. Interval waktu kerusakan komponen disajikan pada tabel 3. Berikut merupakan contoh perhitungan TTR dan TTF :

- a. TTR = Waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan
 = 10:05 – 09:30 = 0.58 Jam
- b. TTF = (Waktu Akhir Kerusakan – Jam kerja selesai) + (Jam kerja Mulai – waktu kerusakan) + (Jam)
 = (16:00 -14:45)+(08:00-14:15) + (133) = 140.5

Tabel 3. Interval Waktu Kerusakan Komponen Mesin *Open Top Roller*

No	Interval Waktu Kerusakan Komponen (Jam)			
	<i>Bearing</i> (TTF)	<i>Gigi Worm</i> (TTF)	<i>As</i> (TTF)	<i>Electric motor</i> (TTF)
1	0	0	0	0
2	140,5	126,5	98,25	118,5
3	133,41	123	84	166,41
4	115	112,5	77	147
5	154,5	168,25	97,75	154
6	95	119,25	180	140,25
7	126,33	145,5	195,75	168,25
8	91,5			

3.2 Failure Mode and Effect Anlysis (FMEA)

Pada tahap ini mendefinisikan resiko kegagalan dan penyebab dari setiap kegagalan pada mesin *Open Top Roller* yang terdiri dari penentuan nilai *severity* pada tabel 4, *occurance* pada tabel 5, dan *detection* pada tabel 6 setiap komponen. Nilai resiko komponen dilihat dari nilai *risk priority number* (RPN) pada tabel 7.

1. *Severity*

Tabel 4. Nilai *Severity*

Komponen	<i>Failure Effect</i>	Skala <i>Severity</i>	Keterangan
<i>Bearing</i>	Gerakan Putaran mesin terhenti	8	Mengakibatkan proses produksi menjadi tertunda dan tidak maksimal
<i>Gigi Worm</i>	Mesin berhenti beroperasi	8	Menyebabkan mesin macet dan tidak dapat beroperasi
<i>As</i>	Besi Bengkok	6	Menyebabkan geteran berlebih pada mesin
<i>VanBeltB78</i>	Karet slip atau lepas	5	Traksi mesin berkurang menyebabkan proses produksi tertunda
<i>Electric Motor</i>	Kehilangan suplai Listrik	7	Mengakibatkan mesin berhenti beroperasi proses produksi tertunda

2. *Occurance*

Tabel 5. Nilai *Occurance*

Komponen	<i>Causes</i>	Skala <i>Occurance</i>	Keterangan
<i>Bearing</i>	Kekurangan cairan pelumas	7	Adanya putaran terus-menerus sehingga cairan berkurang Kapasitas mesin melebihi dari yang seharusnya
	Beban muatan daun teh		
<i>Gigi Worm</i>	Kekurangan cairan pelumas	6	Terdapat kebocoran pada seal mesin Umur komponen menyebabkan kerusakan
	Umur komponen		
<i>As</i>	Beban muatan daun teh	5	Kerusakan komponen lain

	Setelan		Umur komponen menyebabkan kerusakan
<i>VanBelt B78</i>	Umur komponen	4	Umur komponen menyebabkan kerusakan
	beban kerja berlebihan		Akselarsi yang dibutuhkan mesin terlalu besar
<i>Electric motor</i>	Tegangan listrik tidak stabil	4	Adanya kerusakan komponen pada generator penyuplai

3. Detection

Tabel 6. Nilai *Detection*

Komponen	Control	Skala Detection	Keterangan
<i>Bearing</i>	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi	4	Melakukan pengecekan dan pelumasan sehingga segera mengetahui kerusakan dan Memberikan tanda peringatan ada pergantian
<i>Gigi Worm</i>	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi	7	Melakukan pengecekan dan pelumasan sehingga segera mengetahui kerusakan dan Memberikan tanda peringatan ada pergantian
<i>As</i>	Kesempatan yang cukup untuk terdeteksi	5	Melakukan pengecekan dan pelumasan sehingga segera mengetahui kerusakan dan Memberikan tanda peringatan ada pergantian
<i>VanBelt B78</i>	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi	3	Memberikan tanda peringatan ada pergantian
<i>Electric motor</i>	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi	4	Melakukan pengecekan sehingga segera mengetahui kerusakan

4. Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

Nilai RPN yang dihasilkan dari perkalian dari *severity*, *occurance* dan *detection*. Dengan nilai RPN maka diketahui potensi resiko kegagalan komponen kritis dari mesin *Open Top Roller*. Dari tabel 11 didapatkan bahwa komponen kritis dari mesin *Open Top Roller* adalah kerusakan *Gigi Worm* dengan nilai 336 dan *Bearing* dengan nilai 224.

Tabel 7. Nilai RPN

Komponen	Failure mode	S	O	D	RPN
<i>Bearing</i>	Aus dan pecah	8	7	4	224
<i>Gigi Worm</i>	Mata gigi Aus/Retak	8	6	7	336
<i>As</i>	Bengkok/Patah	6	5	5	150
<i>VanBelt B78</i>	Kendur/Putus	5	4	3	60
<i>Electric Motor</i>	Relay dan kontaktor rusak	7	4	4	112

3.3 Logic Tree Analysis (LTA)

Penyusunan *Logic Tree Analysis* memiliki tujuan untuk mengklasifikasikan *failure mode* berdasarkan kategori sehingga nantinya dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya. *Logic Tree Analysis* di tentukan berdasarkan hasil wawancara dengan pekerja yang ada di PT. XYZ dengan alur *Logic Tree Analysis* yang disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. *Logic Tree Anlysis (LTA)*

No	Komponen	Failure mode	Evident	Safety	Outage	Category
1	<i>Bearing</i>	Aus dan Pecah	Y	T	Y	B
2	<i>Gigi Worm</i>	Mata gigi Aus/Retak	Y	T	Y	D
3	<i>As</i>	Bengkok/Patah	Y	T	Y	B
4	<i>VanBelt B78</i>	Kendur/Putus	Y	T	Y	B
5	<i>Electric Motor</i>	Relay dan kontaktor rusak	Y	T	Y	D

Pada tabel 8 dihasilkan bahwa kategori *failure mode* komponen mesin *Open Top Roller* di bagi 2 yaitu kategori B dimana jika terjadi kegagalan komponen maka seluruh atau sebagian mesin berhenti dan kategori D dimana karyawan sulit atau tidak mengetahui terjadinya kegagalan komponen. Komponen yang masuk kategori B adalah *Bearing, As, VanBelt B78*. Sedangkan Komponen yang masuk kategori D adalah Gigi *Worm* dan electric motor.

3.4 Pemilihan Tindakan RCM

Pemilihan Tindakan pada proses ini menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan komponen mesin *Open Top Roller*. *RCM Decision Worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi *failure mode*. Tindakan perawatan untuk setiap *failure mode* komponen disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Pemilihan Tindakan Perawatan Komponen mesin OTR

No	Parts	Failure Mode	Selection Guide							Selection task
			1	2	3	4	5	6	7	
1	Bearing	Aus dan pecah	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
2	Gigi Worm	Aus /Retak	Y	Y	T	Y	Y	Y	-	T.D
3	As	Bengkok/Patah	Y	Y	T	T	-	Y	-	T.D
4	VanBelt B78	Kendur/Putus	Y	Y	Y	T	-	Y	-	C.D
5	Electric motor	Relay dan kontaktor rusak	Y	T	T	Y	Y	Y	-	T.D

Pemilihan tindakan pencegahan berdasarkan hasil analisis terhadap FMEA dan LTA adalah sebagai berikut:

1. *Condition Directed* (CD) adalah tindakan yang diambil dengan tujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau pergantian komponen. Komponen yang termasuk dalam tindakan perawatan ini yaitu *VanBelt B78*.
2. *Time Directed* (TD) adalah tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen. Komponen yang termasuk dalam tindakan ini yaitu:
 - a) *Bearing*
 - b) *Gigi Worm*
 - c) *As*
 - d) *Electric motor*
3. *Finding Failure* (FF) adalah tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi dengan pemeriksaan secara berkala. Komponen yang termasuk dalam tindakan yaitu tidak ada.

3.5 Pengujian Distribusi Reliability

Berdasarkan hasil analisis RCM pada komponen mesin *Open Top Roller*, maka komponen yang akan diuji pola distribusi dan kemudian ditentukan nilai Reliability adalah pemilihan tindakan perawatan berdasarkan waktu atau *Time Directed*. Komponen tersebut adalah *Bearing, Gigi Worm, As, dan Electric motor*. Adapun data yang digunakan untuk pengujian pola distribusi ini adalah interval waktu kerusakan dari komponen yang pemilihan tindakan berdasarkan waktu *Time Directed* (TD) yang ada pada tabel 3.

Reliability memerlukan bentuk pola data interval kerusakan komponen yang menggunakan uji kesesuaian *Kolmogrov-Smirnov* berdistribusi normal, *Lognormal*, eksponensial, dan *Weibull*. Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan nilai kesesuaian antara distribusi dan *reliability* dari data yang sudah diamati. Berikut merupakan hasil uji distribusi dan parameter menggunakan *software easy fit profesional*.

Tabel 10. Uji Distribusi Parameter

No	Komponen	Pola Distribusi	Parameter
1	Bearing	Normal	$\sigma = 2,8994$ $\mu = 6,4216$
2	Gigi Worm	Normal	$\sigma = 3,2122$ $\mu = 6,8413$
3	As	Exponential	$\lambda = 0,15922$
4	Electric Motor	Normal	$\sigma = 3,5289$ $\mu = 7,6663$

3.6 Perhitungan Nilai *Mean Time To Failure* (MTTF)

Hasil dari uji Reliability Distribusi dan parameter pada komponen mesin *Open Top Roller* selanjutnya dilakukan perhitungan sesuai pola distribusi. Berikut perhitungan komponen sesuai pola distribusi:

1. Komponen *Bearing*

Komponen *Bearing* yang mengalami aus dan pecah mendapat peringkat nilai tertinggi yaitu pada distribusi Normal dengan estimasi parameter $\sigma = 2,8994$ dan $\mu = 6.4216$.

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \mu \\ &= 6.4 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Jadi, rata-rata waktu perawatan komponen *Bearing* adalah 6 Hari kerja.

2. Komponen Gigi *Worm*

Komponen Gigi *Worm* yang mengalami aus dan retak mendapat peringkat nilai tertinggi yaitu pada distribusi Normal dengan estimasi parameter $\sigma = 3,2122$ dan $\mu = 6,8413$.

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \mu \\ &= 6.8 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Jadi rata-rata waktu perawatan komponen Gigi *Worm* adalah 7 Hari kerja.

3. Komponen *As*

Komponen *As* yang mengalami bengkok dan patah mendapat peringkat nilai tertinggi yaitu pada distribusi Exponential dengan estimasi parameter $\lambda = 0,15922$.

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \frac{1}{\lambda} \\ &= \frac{1}{0,15922} \\ &= 6.2 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Jadi rata-rata waktu perawatan komponen *As* adalah 6 Hari kerja

4. Komponen *Electric Motor*

Komponen *Electric motor* mengalami kerusakan *Relay* dan kontaktor mendapat peringkat nilai tertinggi yaitu pada distribusi Normal dengan estimasi parameter $\sigma = 3,5289$ $\mu = 7,6663$.

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \mu \\ &= 7.6 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Jadi rata-rata waktu perawatan komponen *Electric motor* adalah 8 Hari kerja.

3.7 Perawatan Berdasarkan Pemilihan Tindakan RCM

Berdasarkan hasil pemilihan tindakan untuk komponen mesin *Open Top Roller* yang mengalami kegagalan diperoleh beberapa tindakan pemilihan. Pemilihan tindakan pencegahan berdasarkan hasil analisis terhadap FMEA dan LTA adalah sebagai berikut:

1. *Condition Directed* (CD) adalah tindakan yang diambil dengan tujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau pergantian komponen. Komponen yang termasuk dalam tindakan perawatan ini yaitu:
 - a. VanBelt B78
2. *Time Directed* (TD) yaitu tindakan yang di ambil biasanya mencakup pergantian dan perbaikan komponen mesin dengan prioritas tertentu. Komponen yang termasuk pemilihan tindakan ini adalah
 - a. *Bearing*
 - b. Gigi *Worm*
 - c. *As*
 - d. *Electric motor*

Pada komponen *Time Directed* (TD) Perlu dilakukan perbaikan komponen mesin dengan prioritas tertentu. Tindakan perawatan *Time Directed* pada komponen mesin *Open Top Roller* dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Tindakan Terhadap Komponen Mesin

No	Komponen	Tindakan
1	<i>Bearing</i>	Melakukan Perawatan Komponen setiap 6 Hari
2	Gigi <i>Worm</i>	Melakukan Perawatan Komponen setiap 7 Hari
3	<i>As</i>	Melakukan Perawatan Komponen setiap 6 Hari
4	<i>Electric Motor</i>	Melakukan Perawatan Komponen setiap 8 Hari

IV. SIMPULAN

Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa komponen Bearing dengan kegagalan aus dan pecah memiliki nilai RPN 224, komponen Gigi *Worm* dengan kegagalan mata gigi aus/patah memiliki nilai RPN 336, komponen as dengan kegagalan Bengkok/patah memiliki nilai RPN 150, komponen *electric motor* dengan kerusakan *Relay* dan kontaktor memiliki nilai RPN 112. Komponen – komponen tersebut dilakukan tindakan pencegahan dengan *Time Directed* yaitu dengan melakukan interval waktu perawatan yang berbeda setiap komponen seperti bearing dilakukan perawatan komponen setiap 6 Hari, komponen gigi *Worm* dilakukan perawatan setiap 7 hari, komponen *As* dilakukan perawatan setiap 6 Hari, komponen *electric motor* dilakukan perawatan 8 Hari. Sedangkan komponen lain seperti *VanBelt B78* dengan kerusakan kendur/putus memiliki nilai RPN 60, menggunakan tindakan pencegahan *Condition Directed* (CD) yaitu melakukan monitoring kondisi *VanBelt B78* sebelum mesin digunakan, saat mesin digunakan dan setelah mesin digunakan. Dengan adanya waktu interval perawatan komponen dan monitoring komponen mesin setiap waktu dapat mengurangi *downtime* mesin dan meningkatkan keandalan mesin serta mengurangi biaya perawatan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. S. N., & Sudarto, S. (2022). Penerapan Konsep Lean untuk Meningkatkan Operasi Warehouse di Industri Manufaktur. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 14(1). <https://doi.org/10.22441/oe.2022.v14.i1.043>
- Armanda, D. D., Jufriyanto, Moh., & Rizqi, A. W. (2023). Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. XYZ. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(4), 1588–1595. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3298>
- Azwir, H. H., Wicaksono, A. I., & Oemar, H. (2020). Jurnal Optimasi Sistem Industri Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM Pada Mesin Produksi Kertas. *Jurnal Optimasi Sistem Industri (JOSI)*, 19.
- Faris Rudiana, I., Yulia, L., & Nursolih, E. (2024). Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Pada PT. Surya Agrolika Reksa (Vol. 06, Number 2).
- Geisbush, J., & Ariaratnam, S. T. (2023). Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(2), 313–337. <https://doi.org/10.1108/JQME-02-2021-0018>
- Hasan, I., Denur, & Hakim, L. (2020). Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Mesin Ripple Mill. *Jurnal Surya Teknika*, 6(1). <https://doi.org/10.37859/jst.v6i1.1866>
- Purnomo, J., Affandi, N., & Rahmatullah, A. (2021). Analisis Penerapan Perawatan Motor Konveyor Mesin Xray Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. Tristan Engineering. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 1(2). <https://doi.org/10.46306/tgc.v1i2.14>
- Rodríguez-Padial, N., Marín, M. M., & Domingo, R. (2024). Improvement of Industrial Maintenance Plans through Assistance-Driven Reliability-Centered Maintenance and Case-Based Reasoning Design. *Electronics (Switzerland)*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/electronics13030639>
- Rosianto, M. P., Rarindo, H., Akhlis, M., Dan, R., & Wahyudi, B. (2023). Metode Rcm Untuk Penjadwalan Perawatan Pada Kendaraan RCM Method For Vehicle Maintenance Scheduling. *Jurnal Teknologi*, 17(2), 2023.
- 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). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012058>
- Satrijo, D., Suprihanto, A., Kurdi, O., Wibowo, D. B., Haryadi, G. D., Umardani, Y., Rozi, K., & Pratomo, M. F. A. (2021). Penggunaan metode Reliability-Centered Maintenance untuk menjaga keandalan material belt conveyor. *Jurnal Material Teknologi Proses: Warta Kemajuan Bidang Material Teknik Teknologi Proses*, 2(1). <https://doi.org/10.22146/jmtp.66163>
- Siregar, N., & Munthe, S. (2019). Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada PTPN II Pagar Merbau. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering (JIME)*, 3(2).
- Sodikin, J., & Satria Jati, U. (2022). Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode Failures Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Logic Tree Anaysis (LTA). *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, 3(1). <https://doi.org/10.35970/accurate.v3i1.1510>
- Zein, I., Mulyati, D., & Saputra, I. (2019). Perencanaan Perawatan Mesin Kompresor Pada PT. Es Muda Perkasa Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Serambi Engineering*, 4(1). <https://doi.org/10.32672/jse.v4i1.848>