

Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Sterilizer Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Di PTPN IV Regional I PKS SISUMUT

Designing a Maintenance Scheduling for Sterilizer Machines Using the Reliability Centered Maintenance (RCM) Method at PTPN IV Regional I PKS SISUMUT

Ibnu Khafiz Nasution^{a,1}, Syahputra Amri^{b,2}, Vidi Agung Fragastia^{c,3}, Nita Marikena^{d,4}, Fhery Agustin^{e,5}

^{a,b,c,d}Program Studi Teknik Industri, Universitas Potensi Utama, Kota Medan, 20241, Indonesia

^eProgram Studi Sistem Informasi, Universitas Potensi Utama, Kota Medan, 20241, Indonesia

nasutionh432@gmail.com¹, amry7832@gmail.com², vidiagoeng@gmail.com³, nitamarikena77@gmail.com⁴, fheryagustin@gmail.com⁵

ABSTRAK

Industri kelapa sawit memiliki peranan strategis dalam mendukung kebutuhan energi dan pangan nasional. PT. Perkebunan Nusantara IV Regional 1 Sisumut sebagai salah satu pengolah kelapa sawit masih menghadapi permasalahan tingginya downtime mesin, khususnya pada unit sterilizer yang berfungsi sebagai perebus tandan buah segar (TBS). Data historis menunjukkan bahwa dalam periode 2022–2024 terjadi total downtime sebesar 58 jam pada berbagai komponen kritis, seperti roda lori, safety valve, rel perebusan, dan diver perebusan. Kondisi ini menurunkan keandalan mesin dan berdampak pada terhambatnya produksi. Oleh karena itu, diperlukan strategi pemeliharaan yang lebih sistematis melalui penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi komponen kritis penyebab kerusakan mesin sterilizer, menghitung nilai Risk Priority Number (RPN) dengan pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), serta menentukan jenis tindakan perawatan yang paling sesuai guna menekan risiko downtime. Metode penelitian dilakukan melalui observasi langsung, wawancara dengan teknisi, serta studi dokumentasi data historis kerusakan mesin di PTPN IV.

Kata Kunci : *Reliability Centered Maintenance*, FMEA, Logic Tree Analysis, Mesin Sterilizer, Downtime, Pemeliharaan Preventif

ABSTRACT

The The palm oil industry plays a strategic role in supporting national energy and food needs. PT. Perkebunan Nusantara IV Regional 1 Sisumut, as one of the palm oil processors, still faces the problem of high machine downtime, particularly in the sterilizer unit, which functions as a boiler for fresh fruit bunches (FFB). Historical data shows that during the 2022–2024 period, a total downtime of 58 hours occurred in several critical components, such as lori wheels, safety valves, sterilizer rails, and sterilizer diver. This condition reduces machine reliability and disrupts production continuity. Therefore, a more systematic maintenance strategy is required through the implementation of the *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method. The purpose of this research is to identify critical components that cause sterilizer machine failures, calculate the Risk Priority Number (RPN) using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) approach, and determine the most appropriate maintenance actions to minimize downtime risks. The research method was carried out through direct observation, interviews with technicians, and documentation study of historical machine failure data at PTPN IV.

Keywords : *Reliability Centered Maintenance*, FMEA, Logic Tree Analysis, Sterilizer Machine, Downtime, Preventive Maintenance

Info Artikel :

Disubmit: 13 Januari 2026

Direview: 11 Februari 2026

Diterima : 18 Maret 2026

Copyright © 2026 - Journal UPU. All rights reserved.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, ketersediaan energi menjadi isu penting yang semakin berkembang. Berbagai industri dilakukan untuk menciptakan teknologi terbaru, terutama dalam bidang energi terbarukan, guna mendukung stabilitas ekonomi. PT Perkebunan Nusantara IV regional 1 sisumut sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang perkebunan kelapa sawit, memiliki peran penting dalam menjaga kontinuitas produksi minyak kelapa sawit (CPO) berkualitas tinggi sekaligus menjadi *pioneer* dalam penerapan teknologi dan manajemen modern di industri perkebunan Indonesia. Pabrik dibangun tahun 1989 dengan kapasitas olah 30 Ton TBS/Jam. Perusahaan ini menggunakan mesin-mesin dan alat-alat yang mendukung proses produksi.

Dengan demikian perusahaan tersebut sering mengalami permasalahan *breakdown* mesin yang tinggi, terutama pada proses perebusan kelapa sawit. Jika terjadi kerusakan pada salah satu mesin, maka secara keseluruhan proses produksi akan berhenti. Hal ini dapat menghambat proses produksi yang berdampak pada penurunan hasil kapasitas produk. Pada saat melakukan penelitian, PTPN IV regional 1 Sisumut menerapkan sistem pemeliharaan *Corrective Maintenance* yaitu melakukan perbaikan setelah terjadi kerusakan peralatan mesin. Salah satu mesin yang melakukan perawatan adalah mesin *sterilizer*. *Sterilizer* merupakan mesin untuk proses sterilisasi berupa bejana yang digunakan untuk menghentikan aktivitas mikroorganisme dengan cara memberikan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi pada waktu tertentu (Haq and Purba 2020; Latif Mubarak, Sofwan, and Bismantolo 2022). Mesin tersebut terdiri dari beberapa bagian diantaranya pintu *sterilizer*, lori, *safety valve*, *rail track*, *water pump*, dan beberapa panel. Berdasarkan penuturan dari operator dan teknisi PKS PT. Perkebunan Nusantara IV Regional 1 Sisumut yang menyebabkan *breakdown* pada mesin *sterilizer* adalah kerusakan ataupun kegagalan yang terjadi pada komponen mesin *sterilizer* yang tidak terduga sehingga mempengaruhi terhambatnya aliran proses produksi. Kegagalan pada *sterilizer* mungkin saja terjadi karena kesalahan pada proses pabrikasi dan oprasional yang tidak sesuai standar. *Downtime* mesin *sterilizer* dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Downtime Mesin Sterilizer

No.	Komponen Mesin Sterilizer	Waktu Downtime (Jam)
1.	Roda lori	9 Jam
2.	<i>Safety valve</i>	6 Jam
3	<i>Water pump</i>	2 Jam
4.	<i>Program logic control</i>	9 Jam
5.	<i>Capstan bollard</i>	3 Jam
6.	<i>Valve condensate</i>	3 Jam
7.	<i>Valve inlet</i>	4 Jam
8.	Rel perebusan	10 Jam
9	Pintu <i>sterilizer</i>	7 Jam
10.	<i>Diver</i> perebusan	5 Jam
	Total Downtime	58 jam

Dari tabel 1 diatas, diketahui bahwa jumlah banyaknya bagian kerusakan dan waktu yang di tentukan masih perhitungan rata-rata setiap penggantian kerusakan saja, dari data tersebut bisa saja memerlukan waktu yang lebih tergantung berapa banyak kerusakan yang terjadi setiap tahunnya. Dengan total *downtime* sebanyak 58 jam dalam 3 tahun, Data ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengevaluasi dan meningkatkan sistem perawatan untuk meminimalkan waktu henti dan meningkatkan efisiensi oprasional mesin *sterilizer*.

Namun komponen mesin *Sterilizer* sering kali mengalami kerusakan atau kegagalan yang dapat mempengaruhi produktivitas secara signifikan. Untuk mengetahui masalah ini, diperlukan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko kegagalan komponen. Salah satu metode yang efektif untuk tujuan ini adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah pendekatan manajemen pemeliharaan yang sistematis dan berbasis data. Pendekatan ini berfokus pada optimalisasi aktivitas pemeliharaan untuk memastikan ketersediaan dan keandalan industri sekaligus meminimalkan biaya. Berbeda dengan metode tradisional, *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menyesuaikan tugas pemeliharaan berdasarkan industri kekritisannya, mode kegagalan, dan potensi konsekuensi dari kegagalan tersebut. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi serta merumuskan strategi perawatan yang paling efektif, dengan mempertimbangkan fungsi utama peralatan, potensi kegagalan, serta dampaknya terhadap kelangsungan operasional perusahaan.

Melalui penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), perusahaan dapat menentukan jenis perawatan yang paling sesuai bagi setiap komponen mesin, baik berupa perawatan preventif, prediktif, maupun korektif. Dengan menganalisis fungsi dan potensi kegagalan dari masing-masing komponen, perusahaan dapat lebih mudah memetakan prioritas tindakan perawatan berdasarkan tingkat kritikalitasnya terhadap proses produksi. Selama bertahun-tahun, strategi ini telah berkembang menjadi salah satu strategi paling efisien yang dapat diterapkan industri pada peralatannya. Namun, industri-industri ini juga menemukan beberapa hal baru dalam prosesnya.

2. METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang bertujuan untuk merancang penjadwalan pemeliharaan mesin *sterilizer*. Untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam menyelesaikan penelitian ini. Peneliti melakukan penelitian di PT. Perkebunan Nusantara IV Regional 1 Pabrik Kelapa Sawit Sisumut Distrik Labuhan Batu 3. Dengan periode pelaksanaan penelitian yang dilakukan secara keseluruhan di bulan juli 2025. Penelitian ini difokuskan pada data kerusakan yang terjadi pada mesin *sterilizer*.

Metode Pengumpulan data penelitian ini diperoleh dengan beberapa cara yaitu:

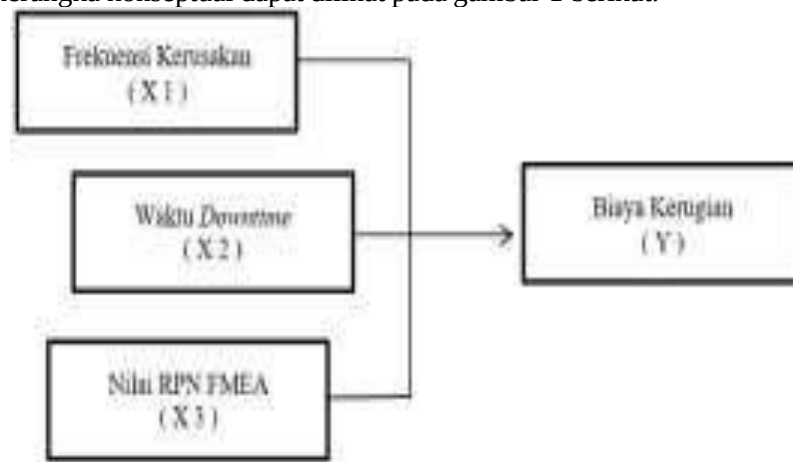
- 1) Observasi secara langsung yaitu langsung melakukan pengamatan di PT.PERKEBUNAN NUSANTARA IV REGIONAL 1 PKS SISUMUT.
- 2) Wawancara komunikasi langsung dengan Kepala bagian Teknik, operator, dan teknisi tentang hal yang berkaitan dengan objek yang diteliti pada mesin *sterilizer*.
- 3) Dokumentasi data yang diperoleh dengan mempelajari dokumen-dokumen perusahaan yang berhubungan dengan permasalahan dalam penelitian ini.

Teknik pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk mendukung analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada mesin *sterilizer* di PTPN IV Regional 1 Unit PKS Sisumut. Pengolahan data mencakup beberapa tahapan berikut:

- 1) Pengumpulan Data Historis Kerusakan dan Perbaikan Data *primer* berupa frekuensi kerusakan, waktu perbaikan, dan tingkat keparahan dikumpulkan dari laporan teknisi dan *logbook* perawatan mesin. Data ini menjadi dasar dalam perhitungan parameter
- 2) Perhitungan Parameter Keandalan.
 - a. MTBF (*Mean Time Between Failure*): Mengukur rata-rata waktu antar kerusakan mesin.
 - b. MTTR (*Mean Time To Repair*): Mengukur rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin.
- 3) Analisis Statistik dan Uji Data
 - c. Uji Kecukupan Data: Untuk memastikan jumlah data yang digunakan sudah representatif.

- d. Uji Keseragaman Data: Untuk memastikan data berasal dari sistem yang sama dan konsisten. Perhitungan Standar Deviasi dan Batas Kendali (BKA & BKB): Digunakan untuk analisis kestabilan data kerusakan.
- 4) Penerapan Metode RCM
 - e. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*): Mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab, dan dampaknya.
 - f. RCM *Decision Worksheet*: Menentukan tindakan perawatan yang sesuai (preventif, korektif, atau prediktif).
 - g. *Logic Tree Analysis* (LTA): Mengklasifikasikan mode kegagalan berdasarkan konsekuensinya.
- 5) Penentuan Interval Perawatan Optimal Berdasarkan hasil analisis MTBF, MTTR, dan tingkat keparahan, dilakukan perhitungan frekuensi perawatan yang paling efisien untuk meminimalkan downtime dan meningkatkan keandalan mesin.

Kerangka konseptual dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Kerangka Konseptual

Kerangka Konseptual

1. Frekuensi Kerusakan (X1) berpengaruh terhadap biaya kerugian karena semakin sering mesin rusak maka biaya perbaikan dan kehilangan produksi semakin besar.
2. Waktu Downtime (X2) berpengaruh langsung terhadap biaya kerugian, karena semakin lama mesin berhenti maka output produksi semakin menurun.
3. Nilai RPN (X3) menunjukkan tingkat prioritas risiko kerusakan. Semakin tinggi nilai RPN maka semakin besar potensi kerugian yang ditimbulkan.
4. Ketiga variabel tersebut secara simultan mempengaruhi Biaya Kerugian Perusahaan (Y).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

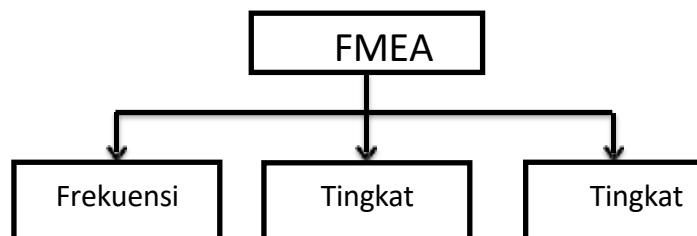
Pengumpulan data pada penelitian diperoleh dengan cara wawancara kepada pekerja di PTPN IV REGIONAL 1 Sisumut. Data yang diperoleh dari wawancara yaitu data jumlah downtime mesin produksi. Mesin *sterilizer* adalah peralatan yang digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme patogen dan kontaminan lainnya dari peralatan, bahan, atau produk. Dari *history maintenance* mesin *sterilizer* serta frekuensi kerusakan komponen pada mesin *sterilizer* selama tahun 2023 – 2024. Diketahui komponen yang paling sering mengalami kerusakan pada mesin *sterilizer* yaitu roda lori, *safety valve*, *water pump*, *program logic control*, *Capstan bollard*, *valve condensate*, *valve inlet*, rel perebusan, pintu *sterilizer*, dan *diver*.

Tabel 2. Data Kerusakan Komponen Mesin *Sterilizer* Tahun 2023-2024

No.	Komponen Mesin <i>Sterilizer</i>	Waktu <i>Downtime</i> (Jam)
1.	Roda lori	9 Jam
2.	<i>Safety valve</i>	6 Jam
3	<i>Water pump</i>	2 Jam
4.	<i>Program logic control</i>	9 Jam
5.	<i>Capstan bollard</i>	3 Jam
6.	<i>Valve condensate</i>	3 Jam
7.	<i>Valve inlet</i>	4 Jam
8.	Rel perebusan	10 Jam
9	Pintu <i>sterilizer</i>	7 Jam
10.	<i>Diver</i> perebusan	5 Jam
	Total <i>Downtime</i>	58 jam

Dari tabel 2 di atas, diketahui bahwa jumlah *downtime* mesin *sterilizer* tahun 2022 – 2024 selama 58 jam. Waktu *downtime* terbesar pada komponen mesin *sterilizer* adalah rel perebusan selama 10 jam. Dan juga waktu *downtime* terkecil pada komponen mesin *sterilizer* adalah *water pump* selama 2 jam.

Analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk menentukan jenis kegagalan, penyebab, dan akibat kerusakan yang ditimbulkan pada mesin *sterilizer*. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) juga menggambarkan tingkat kejadian kerusakan, keparahan, dan tingkat deteksi kerusakan yang dinyatakan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil dari *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan tingkat prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi dan sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Dalam pembuatan tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didiskusikan dengan operator mesin *sterilizer* dan mekanik produksi untuk menentukan nilai *occurrence*, *severity*, dan *detection*. Skema parameter *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Skema Parameter *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Dari gambar 2 di atas, diketahui bahwa frekuensi (*occurrence*) ini dapat ditentukan seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik. Berikut adalah penentuan kriteria penilaian pada *occurrence* pada tabel 2.

Tabel 3. Kriteria penilaian *occurrence*

Nilai	Kriteria
1	Tidak mungkin penyebab ini mengakibatkan kegagalan
2	Penyebab kegagalan yang jarang terjadi
3	
4	
5	Penyebab kegagalan agak mungkin terjadi
6	
7	
8	Penyebab kegagalan adalah sangat mungkin terjadi
9	
10	Hampir dapat dipastikan bahwa penyebab kegagalan akan mungkin terjadi

Tingkat kerusakan (*severity*) dapat ditentukan seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses dalam hal operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik. Berikut adalah penentuan kriteria penilaian pada *severity* pada tabel 4.

Tabel 4. Kriteria penilaian *severity*

Nilai	Kriteria
1	Tidak berpengaruh (pengaruh buruk yang dapat diabaikan) tidak perlu memikirkan akibat akan berdampak pada kualitas produk
2	Pengaruh buruk yang ringan akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan
3	
4	Pengaruh buruk yang moderat, penurunan kualitas sangat disarankan namun masih dalam batas toleransi
5	
6	
7	Pengaruh buruk yang tinggi, merasakan penurunan kualitas yang berbeda diluar batas wajar
8	
9	Pengaruh buruk yang sangat tinggi, akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain
10	

Tingkat deteksi (*detection*) dapat ditentukan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol yang mengatur jalannya proses. Semakin banyak kontrol dan prosedur yang mengatur jalannya penanganan operasional pabrik maka diharapkan tingkat deteksi dari kegagalan dapat semakin tinggi. Berikut adalah penentuan kriteria penilaian pada *detection* pada tabel 5.

Tabel 5. Kriteria penilaian *detection*

Nilai	Kriteria
1	Metode deteksi sangat efektif, tidak ada kesempatan bahwa penyebab akan muncul lagi
2	Kemungkinan penyebab terjad sangat rendah
3	
4	
5	Kemungkinan penyebab bersifat moderat, metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab terjadi.
6	
7	Kemungkinan penyebab masih tinggi. Metode deteksi kurang efektif, penyebab dapat terulang kembali
8	
9	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi. Metode deteksi tidak efektif, penyebab akan selalu terjadi
10	

Langkah-langkah dalam pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah sebagai berikut:

- a) Mereview proses
- b) Membuat daftar jenis kerusakan, penyebab, dan efek potensial
- c) Menentukan tingkat *occurrence*
- d) Menentukan tingkat *detection*
- e) Menentukan tingkat *severity*

Perhitungan FMEA yaitu mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan juga dilakukannya pengurutan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari yang tertinggi hingga terendah. Selanjutnya adalah melakukan pengkategorian kritis dan tidak kritis pada setiap kejadian risiko. Setelah diperoleh nilai rata-rata kemudian adalah pengkategorian kejadian risiko kerusakan mesin *sterilizer* yang termasuk kategori kritis atau tidak kritis.

Berikut ini hasil analisa kategorisasi RPN (*Risk Priority Number*) dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Kategorisasi RPN (*Risk Priority Number*)

No	Komponen	<i>Failure Mode</i>	Nilai RPN	Kategori
1	<i>Roda lori</i>	Aus atau rusak	80	Tidak Kritis
2	<i>Safety valve</i>	Macet atau tidak dapat bergerak	448	Kritis
3	<i>Water pump</i>	Terjadinya kebocoran	448	Kritis
4	<i>Program logic control</i>	PLC tidak menyala (<i>power failure</i>)	80	Tidak Kritis
5	<i>Capstan bollard</i>	Retak atau patah pada badan <i>bollard</i>	80	Tidak Kritis
6	<i>Valve condensate</i>	Valve bocor (tidak menutup rapat)	80	Tidak Kritis
7	<i>Valve inlet</i>	Valve macet (<i>stuck open/close</i>)	80	Tidak Kritis
8	Rel perebusan	Rel aus/tergerus	648	Kritis
9	Pintu <i>sterilizer</i>	Korosi pada pintu	504	Kritis
10	<i>Diver</i> perebusan	Kerusakan aktuator (pada <i>diver</i> otomatis)	810	Kritis

Analisa kekritisan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam empat kategori. *Logic Tree Analysis* (LTA) dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Komponen	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>LTA Category</i>
<i>Roda lori</i>	Aus atau rusak	Penggunaan yang berlebihan	C
<i>Safety valve</i>	Macet atau tidak dapat bergerak	Kurangnya perawatan rutin	C
<i>Water pump</i>	Terjadinya kebocoran	Kesalahan instalasi atau pengaturan	B

<i>Program logic control</i>	PLC tidak menyala (<i>power failure</i>)	Tegangan tidak stabil, <i>overvoltage</i> , atau gangguan arus listrik	B
<i>Capstan bollard</i>	Retak atau patah pada badan <i>bollard</i>	Gaya tarik kapal lebih besar dari kapasitas <i>bollard</i>	C
<i>Valve condensate</i>	<i>Valve</i> bocor (tidak menutup rapat)	Dudukan <i>valve</i> kotor (debris, kerak, karat)	B
<i>Valve inlet</i>	<i>Valve</i> macet (<i>stuck open/close</i>)	Karat atau kerak menumpuk	C

Tabel 8. Rekapitulasi Pemilihan Tindakan RCM

Komponen	RPN	LTA	Failure Causes	Action
		Category		Plan
<i>Roda lori</i>	80	C	Penggunaan yang berlebihan	TD
<i>Safety valve</i>	448	C	Kurangnya perawatan rutin	TD
<i>Water pump</i>	448	B	Kesalahan instalasi atau pengaturan	CD
<i>Program logic control</i>	80	B	Tegangan tidak stabil, <i>overvoltage</i> , atau gangguan arus listrik	CD
<i>Capstan bollard</i>	80	C	Gaya tarik kapal lebih besar dari kapasitas <i>bollard</i>	TD
<i>Valve condensate</i>	80	B	Dudukan <i>valve</i> kotor (debris, kerak, karat)	CD
<i>Valve inlet</i>	80	C	Karat atau kerak menumpuk	TD
Rel perebusan	648	B	Gesekan roda lori terus menerus	CD
Pintu <i>Sterilizer</i>	504	C	Lingkungan lembab, kontak dengan kondensat	TD
<i>Diver</i> Perebusan	810	C	Gangguan solenoid/aktuator pneumatik	TD

Dari tabel 8 di atas, tahap ini merupakan tahap akhir untuk pemilihan tindakan RCM pada komponen kritis di mesin mesin *sterilizer*. Jenis tindakan yang diambil yaitu *Condition Directed* (CD) yang merupakan suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat, apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

Dalam penelitian ini, selain dilakukan analisis kegagalan komponen mesin *sterilizer* dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), juga dilakukan estimasi biaya kerugian yang timbul akibat *downtime* mesin. Perhitungan biaya kerugian bertujuan untuk mengetahui dampak ekonomi dari kerusakan mesin *sterilizer* terhadap proses produksi.

Pada tahun 2023 harga CPO mencapai 11.000.000 / ton hingga pada tahun 2024 mengalami kenaikan hingga mencapai 14.000.000 / ton dan ambil rata – rata harga pada 2023 – 2024 mencapai 12.000.000 / ton.

Untuk menghitung kerugian produksi akibat *downtime* digunakan asumsi sebagai berikut:

- a) Kapasitas olah pabrik = 30 ton TBS/jam
- b) Rendemen CPO = 22%
- c) Produksi CPO per jam: $6.600 \times \text{Rp } 12.000 = \text{Rp } 79.200.000$ /jam

Berdasarkan hasil perhitungan, kerugian terbesar terjadi pada rel perebusan sebesar Rp792.000.000, karena memiliki downtime tertinggi yaitu 10 jam. Sedangkan total kerugian keseluruhan akibat downtime mesin sterilizer selama periode penelitian mencapai Rp4.593.600.000.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan di atas, kesimpulan dari penelitian sebagai berikut:

- a) Diketahui komponen yang mengalami kerusakan pada mesin *sterilizer* yaitu roda lori, *safety valve*, *water pump*, *program logic control*, *Capstan bollard*, *valve condensate*, *valve inlet*, rel perebusan, pintu *sterilizer*, dan *diver*.
- b) Dari hasil perhitungan FMEA, komponen yang memiliki nilai RPN yang paling tinggi yaitu *diver* perebusan dengan nilai RPN 810. Dan terdapat 5 komponen-komponen kritis yang menjadi penyebab kerusakan pada mesin *sterilizer*.
- c) Tindakan yang dilakukan pada komponen *diver* perebusan yang memiliki tingkat kegagalan yang paling berpengaruh yaitu *Time Directed* (TD) yang merupakan suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
- d) Dengan total biaya kerugian sebesar **Rp4,59 miliar**, perusahaan perlu memprioritaskan pemeliharaan komponen kritis agar kerugian produksi dapat diminimalkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PTPN IV Regional 1 Unit PKS SISUMUT atas dukungan dan kerja sama yang diberikan selama proses penelitian ini. Bantuan berupa akses data, informasi, serta bimbingan teknis yang diberikan oleh tim sangat berharga dalam mendukung kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Ebeling, C. E. (2010). An introduction to reliability and maintainability engineering (3rd ed.). Waveland Press.
- [2] Affidah, A. N., & Sari, V. D. P. (2016). Pengaruh motivasi dan tindakan tidak aman terhadap kecelakaan kerja pada karyawan bagian produksi dalam masa giling shift 3 PG X Kediri. Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan, 3(2), 106–112.
- [3] Ahyari, A. (1986). Manajemen produksi: Perencanaan sistem produksi. BPFE.
- [4] Harsanto, B. (2017). Dasar ilmu manajemen operasi. Unpad Press.
- [5] Fani, W. R. (2016). Implementasi reliability centered maintenance (RCM) pada proses gas kriogenik (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Haq, I. S., & Purba, M. A. (2020). Kajian penyebab kerusakan door packing pada tabung sterilizer

- menggunakan metode root cause analysis (RCA) di Sungai Kupang Mill. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, 2(2), 1–8.
- [7] Manahan, P. T. (2004). *Manajemen operasional*. Ghalia Indonesia.
- [8] Moubray, J. (2001). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.
- [9] Setiawan, F. D. (2008). *Perawatan mekanikal mesin produksi*. Maximus.
- [10] Widiarso, E. (2017). *Inovasi belajar berbasis life skill*. Ar-Ruzz Media.
- [11] Ahmadi, N., & Hidayah, N. Y. (n.d.). Analisis pemeliharaan mesin blow mould dengan metode reliability centered maintenance (RCM) di PT CCAL. *Jurnal Teknik Industri Universitas Pancasila*, 16(2), 167–169.
- [12] Corder, A., & Hadi, K. (1992). *Teknik manajemen pemeliharaan*. Erlangga.
- [13] Wiratama, C. (2024, April 4). *Manajemen pemeliharaan (Maintenance management)*. PT Tensor. <https://pttensor.com/2024/04/04/manajemen-pemeliharaan-maintenance-management/>
- [14] Kurniawan, F. (2015). *Manajemen perawatan industri: Teknik dan aplikasi*. Graha Ilmu.
- [15] Aldiansyah, M. (2021). *Stasiun sterilizer*. Scribd. <https://id.scribd.com/document/493326386/Stasiun-sterilizer>
- [16] Nurlina, N., Kussuma, M. F., Anindito, J., & Setiyawati, T. R. (2023). Optimasi efisiensi mesin sterilizer kelapa sawit menggunakan response surface methodology menuju manufaktur berkelanjutan.
- [17] Suryana, W. (2021). Analisis pemeliharaan mesin produksi dengan metode reliability centered maintenance pada PT Eluan Mahkota Kabupaten Rokan Hulu (Skripsi). Universitas Islam Riau. <https://repository.uir.ac.id/6203/1/WIWIK%20SURYANA.pdf>
- [18] Hasan, I., Denur, & Hakim, L. (2019). Penerapan reliability centered maintenance (RCM) pada mesin ripple mill. *Surya Teknika*, 6(1).
- [19] Arrahim. (2023). Analisis keandalan instrumentasi pada unit sterilizer menggunakan metode reliability centered maintenance (RCM): Studi kasus PT Perkebunan Nusantara V PKS Sei Galuh (Skripsi). Universitas Islam Riau.
- [20] Afiva, W. H., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2019). Penerapan metode reliability centered maintenance (RCM) pada perencanaan interval preventive maintenance dan estimasi biaya pemeliharaan menggunakan analisis FMECA (Studi kasus: PT XYZ). *Jurnal Teknik Industri*, 8(2), 45–53.
- [21] Mubarak, A. L., Sofwan, A., & Bismantolo, P. (2022). Analisa performa kerja sterilizer of crude palm oil.
- [22] Suryana, W. (2021). Analisis pemeliharaan mesin produksi dengan metode reliability centered maintenance pada PT Eluan Mahkota Kabupaten Rokan Hulu. *Jurnal Teknik Industri*, 9(1), 55–64.
- [23] Afiva, W. H., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2019). Penerapan metode reliability centered maintenance (RCM) pada perencanaan interval preventive maintenance dan estimasi biaya pemeliharaan menggunakan analisis FMECA. *Jurnal Teknik Industri*, 8(2), 45–53.
- [24] Hasan, I., Denur, & Hakim, L. (2019). Penerapan reliability centered maintenance (RCM) pada mesin ripple mill. *Jurnal Sistem Industri*, 7(1), 21–30.
- [25] Wireman, T. (2004). *Benchmarking best practices in maintenance management*. Industrial Press.
- [26] Pratiwi, N. I., & Prabowo, A. (2025). Analisis servicescape, hedonic lifestyle dan promotion intention terhadap keputusan pembelian konsumen pada Suara Coffee & Space. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3), 4547–4555. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2656>
- [27] Riska, A., & Prabowo, A. (2025). Analisis social media marketing, servicescape, dan harga terhadap keputusan pembelian konsumen di Romansa Kopi. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3), 4917–4925. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2710>
- [28] Arini, D. P., & Prabowo, A. (2025). Analisis customer experience dan customer trust terhadap keputusan pasien berkunjung kembali pada Klinik Alternatif Akupuntur Serumpun Bambu. *ANALISIS*, 15(2), 310–328. <https://doi.org/10.37478/als.v15i02.6497>
- [29] Prabowo, A., Adam, A. A., Subhan, Z. N., Tanjung, Y., Parhusip, A. A., Deviana, A., & Irwansyah. (2025). Sustainable business practices in coffee shops: The role of marketing innovation, digital marketing, and branding innovation through market development. *International Journal of Accounting and Economics Studies*, 12(6), 43–50. <https://doi.org/10.14419/p0k0pc78>
- [30] Akila, F., & Prabowo, A. (2025). Pengaruh customer experience, perceived product quality dan brand trust terhadap keputusan pembelian konsumen Dunkin Donuts Gatot Subroto. *ProBisnis: Jurnal Manajemen*, 16(5), 1157–1165. <https://ejournal.joninstitute.org/index.php/ProBisnis/article/view/1158>
- [31] Kurniawan, D., & Prabowo, A. (2025). Analisis customer relationship marketing, marketing communications dan service quality personal trainer terhadap tingkat kepuasan member pada Vizta Gym

- Cemara Asri Medan. *VALUE: Jurnal Ilmiah Akuntansi, Keuangan dan Bisnis*, 6(2), 392–407. <https://doi.org/10.36490/value.v6i2.2160>
- [32] Prabowo, A., Tanjung, Y., Enzelia, E. L., Bangun, R., Simarmata, H. M. P., & Wahyuni, E. S. (2025). Eksplorasi promosi berbasis social media marketing dan brand image: Identifikasi impulsive buying behaviour melalui customer engagement pada konsumen brand fashion ZARA di Kota Medan. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 6(3), 727–747. <https://doi.org/10.55081/jurdip.v6i3.4431>
- [33] Prabowo, A., & Tarigan, T. D. (2025). Analisis servicescape, social media marketing dan customer experience terhadap minat berkunjung kembali konsumen Fore Coffee Citraland Helvetia Medan. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 6(3), 996–1010. <https://doi.org/10.55081/jurdip.v6i3.4581>
- [34] Prabowo, A., Siburian, P., & Bangun, R. (2025). Repurchase intention among millennial coffee shop customers: Exploring key determinants. *International Journal of Accounting and Economics Studies*, 12(8), 761–769. <https://doi.org/10.14419/j7ch0q39>
- [35] Tanjung, S., & Prabowo, A. (2025). Analisis social media marketing dan customer relationship marketing terhadap kepuasan konsumen Sikologi Coffee. *Economic and Education Journal (Ecoducation)*, 7(3), 975–989. <https://doi.org/10.33503/ecoducation.v7i3.2345>
- [36] Rizki, S., Prabowo, A., & Pasaribu, E. S. (2025). Optimalisasi kinerja karyawan pada kawasan industri di Sumatera Utara: Peran work engagement dan employee experience melalui safety knowledge. *Economic and Education Journal (Ecoducation)*, 7(3), 1022–1038. <https://doi.org/10.33503/ecoducation.v7i3.2386>
- [37] Tarigan, R. R. M. T., Wahyuni, E. S., Prabowo, A., & Mauliza, P. (2026). Pengaruh pemasaran digital terhadap keputusan pembelian dengan citra merek sebagai variabel mediasi. *MARAS: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 4(1), 110–119. <https://doi.org/10.60126/maras.v4i1.1503>
- [38] Mahlia, M., & Prabowo, A. (2026). Analisis experiential marketing, word of mouth, dan online customer review terhadap keputusan pembelian pada PT. Alfa Scorpii. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 5(1), 14596–14606. <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.8083>
- [39] Dalimunthe, S. M., & Pohan, Y. A. (2025). Pengaruh budaya digital, pengembangan sumber daya manusia (SDM) dan lingkungan kerja fisik terhadap kinerja pegawai Dinas Ketenagakerjaan Kota Medan. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3), 7004–7014. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.3050>
- [40] Tambunan, A. M., & Pohan, Y. A. (2025). Pengaruh inovasi produk, free layanan after sales dan kualitas informasi produk di website terhadap keputusan pembelian mesin Inkjet PT. Megasatria Hiticher. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3), 7412–7422. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.3107>
- [41] Delvin, S., & Pohan, Y. A. (2025). Pengaruh komitmen afektif, komitmen berkelanjutan dan komitmen normatif terhadap kinerja karyawan PT Navya Retail Indonesia. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3), 7540–7550. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.3134>
- [42] Zai, S., & Pohan, Y. A. (2025). Pengaruh sanksi keterlambatan, biaya administrasi dan tarif jasa simpan terhadap kepuasan nasabah dalam menggunakan jasa gadai pada PT. Sentral Gadai Persada. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(3). <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.3284>
- [43] Devini, S. Z., & Pohan, Y. A. (2025). Pengaruh kualitas pelayanan, kualitas produk dan fasilitas terhadap kepuasan pelanggan Lazatto Chicken & Burger cabang UMSU. *Jurnal Daya Saing*, 11(3), 899–905. <https://doi.org/10.35446/dayasaing.v11i3.2504>
- [44] Zulnawati, S. E., & Pohan, Y. A. (2026). Pengaruh perceived ease of use, brand trust dan customer experience terhadap minat pengguna Maxim di Kota Medan. *Jurnal Akutansi Manajemen Ekonomi Kewirausahaan (JAMEK)*, 6(1), 112–120. <https://doi.org/10.47065/jamek.v6i1.2285>
- [45] Rezzaini, H., Kadariah, S., & Riski, B. (2025). Pengaruh pembiayaan murabahah dan literasi keuangan terhadap kesejahteraan nasabah UMKM. *Jurnal Riset Perbankan Syariah*, 4(2), 143–152. <https://doi.org/10.29313/jrps.v4i2.8726>
- [46] Nazli, P., Kadariah, S., & Sari, S. P. (2026). Model peningkatan minat menabung generasi Z di bank syariah melalui media sosial dan edukasi digital untuk penguatan ekosistem keuangan. *Journal of Science and Social Research*, 9(3), 4999–5005. <https://doi.org/10.54314/jssr.v9i3.6723>
- [47] Sipahutar, E., Asshidiq, H., Kadariah, S., Murtani, A., Nazli, P., & Trihapsari, M. (2026). Integrasi pengetahuan, religiusitas, promosi dan minat dalam keputusan menabung berbasis perilaku individu: Pendekatan multidisiplin (MSDM, psikologi, perbankan syariah, dan akuntansi). *Jurnal Ilmiah*

- Edunomika, 10(2). <https://doi.org/10.29040/jie.v10i2.19873>
- [48] Reza, F., & Nazli, P. (2025). SWOT analysis in the marketing strategy of IB Mudarabah Deposit products at PT. Bank Sumut KCP Syariah Karya Medan. *Digital Business: Tren Bisnis Masa Depan*, 16(4), 171–178. <https://ejournal.cria.or.id/index.php/db/article/view/357>
- [49] Andira, M. F., & Ridwan, M. (2025). The influence of service quality, transparency, and religiosity on PT Bank Mandiri employees' interest in donation to Ziswaf at The Mandiri Amal Insani Zakat (LAZ) Institution Medan Representative. *BISEI: Jurnal Bisnis dan Ekonomi Islam*, 10(2), 117–130. <https://doi.org/10.33752/bisei.v10i2.10758>
- [50] Ainayah, D., Hutagalung, M. K., Riski, B., & Arafah, S. (2025). Pengaruh perceived value dan perceived quality terhadap loyalitas nasabah pembiayaan KPR IB Griya pada PT Bank Sumut Syariah KCPSY Hamparan Perak. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(4), 2015–2021. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.3561>
- [51] Daulay, Z., Riski, B., & Hutagalung, M. K. (2025). Analisis implementasi metode pemasaran direct selling pada produk talangan umroh di PT. Bank Sumut Syariah Kantor Cabang Pembantu Hamparan Perak. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(4), 2133–2143. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.3551>
- [52] Rahman, R. J., Miko, J., & Rizki, B. (2025). The impact of mobile banking services on customer satisfaction in the digital era at PT. Bank Sumut Syariah KCP Hamparan Perak. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(4), 5940–5946. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.4135>
- [53] Rezzaini, H., Kadariah, S., & Riski, B. (2025). Pengaruh pembiayaan murabahah dan literasi keuangan terhadap kesejahteraan nasabah UMKM. *Jurnal Riset Perbankan Syariah*, 4(2), 143–152. <https://doi.org/10.29313/jrps.v4i2.8726>
- [54] Daulay, Z., Riski, B., & Hutagalung, M. K. (2025). Analisis implementasi metode pemasaran direct selling pada produk talangan umroh di PT. Bank Sumut Syariah Kantor Cabang Pembantu Hamparan Perak. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(4), 2133–2143. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.3551>
- [55] Alfinsyah, R., & Murtani, A. (2025). Analysis of the use of QRIS as financial technology among millennials: A case study at Warkop Kita 2 and Warkop Agam. *Digital Business: Tren Bisnis Masa Depan*, 16(4), 164–170. <https://doi.org/10.59651/digital.v16i4.355>
- [56] Eka Putra, S., Nurmala Sari, T., Simatupang, J., Murtani, A., & Tanjung, Y. (2025). Analysis of the benefits of the 7P marketing mix strategy on the brand image of Butong Tea at PT Perkebunan Nusantara IV Bah Butong. *Jurnal Ilmiah Sosio-Ekonomika Bisnis*, 28(2), 30–37. <https://doi.org/10.22437/jiseb.v28i02.41506>