

Evaluation of Preventive Maintenance Intervals for Top Sealing Machines Using the Reliability Centered Maintenance Method (II)

[Evaluasi Interval Preventive Maintenance Mesin Top Sealing Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (II)]

Andre Setiawan¹⁾, Tedjo Sukmono^{*2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia Email

Penulis: 221020700009@umsida.ac.id ¹⁾

*Email Penulis Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id ²⁾

Abstract. *The problem faced by the company is that the determination of preventive maintenance intervals has not been fully based on component reliability analysis. Therefore, this study aims to evaluate and determine the optimal preventive maintenance interval for the Top Sealing machine using the Reliability Centered Maintenance (RCM II) method. The analysis was conducted by identifying critical components using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to obtain the Risk Priority Number (RPN). Furthermore, Time to Failure (TTF), Time to Repair (TTR), Mean Time to Failure (MTTF), and Mean Time to Repair (MTTR) were calculated as the basis for reliability analysis. The determination of the preventive maintenance interval was based on the MTTF value of each critical component. The results show that the heater bar component has the highest RPN value and is the most critical component. The optimal preventive maintenance interval is set at 179.20 hours or approximately 25 working days based on the MTTF value, thereby reducing the risk of failure and downtime.*

Keywords - Preventive Maintenance; Reliability Centered Maintenance (RCM II); Top Sealing Machine; Failure Mode and Effects Analysis (FMEA); Machine Reliability

Abstrak. *Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah penentuan interval preventive maintenance yang belum sepenuhnya berbasis pada analisis keandalan komponen. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menentukan interval preventive maintenance yang optimal pada mesin Top Sealing menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi komponen kritis menggunakan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk memperoleh nilai Risk Priority Number (RPN). Selanjutnya, dilakukan perhitungan Time to Failure (TTF), Time to Repair (TTR), Mean Time to Failure (MTTF), dan Mean Time to Repair (MTTR) sebagai dasar analisis keandalan. Penentuan interval preventive maintenance ditetapkan berdasarkan nilai MTTF pada setiap komponen kritis. Hasil kajian menunjukkan bahwa komponen heater bar memiliki nilai RPN tertinggi dan menjadi komponen paling kritis. Interval preventive maintenance optimal ditetapkan sebesar 179,20 jam atau sekitar 25 hari kerja berdasarkan nilai MTTF, sehingga dapat menurunkan risiko kerusakan dan downtime.*

Kata Kunci - Preventive Maintenance; Reliability Centered Maintenance (RCM II); Mesin Top Sealing; Failure Mode and Effects Analysis (FMEA); Keandalan Mesin.

I. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur berskala besar yang menjalankan proses produksi secara massal dan berkesinambungan untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam kegiatan operasionalnya, kelancaran proses produksi sangat bergantung pada keandalan mesin-mesin otomatis. Berdasarkan kondisi operasional terkini di pabrik, mesin Top Sealing bekerja dengan intensitas tinggi sehingga berpotensi mengalami gangguan apabila tidak didukung oleh sistem pemeliharaan yang optimal. Permasalahan yang masih dijumpai adalah terjadinya kerusakan mesin yang menyebabkan downtime dan mengganggu alur produksi, sementara penentuan interval preventive maintenance belum sepenuhnya didasarkan pada analisis keandalan komponen. Dampaknya adalah downtime produksi, terganggunya alur packaging, serta potensi keterlambatan distribusi produk. Saat ini, upaya pabrik umumnya masih berfokus pada perbaikan setelah terjadi kerusakan (corrective maintenance) agar produksi dapat segera berjalan kembali, namun pendekatan ini belum mampu menurunkan downtime secara signifikan karena interval preventive maintenance belum ditentukan secara optimal dan berbasis data[1]. Kondisi tersebut menunjukkan urgensi perlunya evaluasi sistem secara preventif.

Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) digunakan dalam menentukan strategi pemeliharaan secara sistematis serta konsekuensi kegagalan, bukan hanya berdasarkan frekuensi kerusakan[2]. RCM II memungkinkan perusahaan mengidentifikasi komponen kritis yang benar-benar berpengaruh terhadap kelancaran produksi, kemudian menetapkan jenis perawatan yang paling tepat, apakah preventive, condition-based, atau run to failure[3]. Dibandingkan pendekatan maintenance konvensional, RCM II lebih sesuai dengan kondisi operasional mesin yang bekerja secara intensif dan berkelanjutan karena membantu memfokuskan sumber daya perawatan pada komponen berisiko tinggi, sehingga downtime mampu dimaksimalkan[4]. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang strategi perawatan secara ideal pada mesin melalui pendekatan Reliability Centered

Maintenance (RCM). Mesin ini memiliki peran penting untuk menjaga kecepatan dan konsistensi proses packaging sehingga kegagalannya dapat menyebabkan antrean produksi dan meningkatkan kerugian perusahaan dengan melakukan identifikasi fungsi mesin, analisis FMEA, dan penentuan strategi pemeliharaan[8]. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini merumuskan pertanyaan pokok: bagaimana menentukan interval preventive maintenance yang optimal pada mesin Top Sealing dengan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM II) agar mampu meminimalkan risiko kegagalan dan menurunkan downtime mesin.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan pada mesin Top Sealing di PT Sari Roti selama periode 2024–2025 dengan menggunakan data historis kerusakan dan perawatan sebagai dasar analisis keandalan. Data yang dimanfaatkan bersumber atas data primer yang didapatkan berdasarkan observasi dan wawancara, kemudian data sekunder yakni Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR). Data tersebut diimplementasikan guna menghitung Mean Time to Failure (MTTF) serta Mean Time to Repair (MTTR) sebagai dasar penentuan interval preventive maintenance. Failure (MTTF) serta Mean Time to Repair (MTTR) dengan persamaan:

$$MTTF = \frac{\sum TTF}{n} = MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$$

Nilai MTTF digunakan sebagai dasar penentuan interval preventive maintenance, sedangkan data kegagalan selanjutnya ditinjau dengan memanfaatkan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN):

$$RPN = S \times O \times D [5].$$

Reliability Centered Maintenance (RCM II)

Reliability Centered Maintenance (RCM II) dimanfaatkan guna kerangka utama dalam penyusunan strategi pemeliharaan mesin Top Sealing di PT Sari Roti. Pendekatan ini berfokus pada analisis fungsi mesin, cara mesin dan komponennya mengalami kegagalan, serta konsekuensi dari kegagalan tersebut terhadap keselamatan, kualitas produk, dan kelancaran produksi. Langkah awal RCM II adalah mengidentifikasi fungsi utama dan fungsi pendukung mesin Top Sealing, kemudian merumuskan kegagalan fungsi (functional failure) ketika mesin atau komponen tidak lagi mampu memenuhi kinerja yang dipersyaratkan, misalnya tidak mampu mencapai kualitas sealing tertentu atau menyebabkan berhentinya lini produksi[6].

Setiap kegagalan fungsi kemudian diuraikan menjadi mode kegagalan (*failure mode*), yaitu bentuk kegagalan spesifik pada komponen, seperti *heater* putus, motor macet, atau sensor tidak membaca produk. Untuk setiap mode kegagalan dianalisis penyebab (*cause*) dan efek kegagalan (*failure effect*), sehingga dapat diketahui konsekuensi teknis dan operasionalnya. Berdasarkan informasi tersebut, diterapkan logika keputusan RCM II untuk menentukan jenis tugas pemeliharaan yang paling tepat, apakah berupa *scheduled on condition task (condition-based maintenance)*, *scheduled restoration/replacement (time-based preventive maintenance)*, *run-to-failure*, atau rekomendasi modifikasi desain. Melalui RCM II, kegiatan perawatan diharapkan lebih terarah, prioritas penanganan komponen menjadi jelas, dan downtime mesin Top Sealing dapat diminimalkan.

Dalam RCM II, keputusan pemeliharaan sangat bergantung pada nilai *reliability* suatu komponen. Semakin rendah *reliability* pada periode waktu tertentu, semakin tinggi risiko kegagalan yang harus diantisipasi melalui *preventive maintenance*[7]. Oleh karena itu, perhitungan *reliability* menjadi bagian penting dalam penerapan RCM II untuk menentukan waktu optimal penggantian atau perawatan komponen.

Nilai *reliability* dapat dihitung berdasarkan distribusi kerusakan yang sesuai dengan data historis komponen. Secara umum, fungsi dasar *reliability* dituliskan sebagai: $R(t) = 1 - F(t)$. Sumber : [8]

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) diimplementasikan guna mengkuantifikasi tingkat risiko pada tiap mode kegagalan yang telah diidentifikasi melalui RCM II. Dalam proses ini, setiap mode kegagalan dianalisa atas dasar tiga kriteria utama, yakni *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*. *Severity* menggambarkan level seberapa parah akibat kegagalan atas proses produksi serta kualitas produk; *Occurrence* mengemukakan frekuensi atau jumlah peluang atas terjadinya kegagalan; sedangkan *Detection* menjelaskan kemampuan sistem maupun petugas maintenance dalam mengidentifikasi kegagalan yang diciptakan sebelum menghasilkan dampak yang lebih serius[9].

Nilai ketiga parameter tersebut dinyatakan dalam skala 1–10, kemudian dikombinasikan dalam bentuk *Risk Priority Number (RPN)* menggunakan rumus:

$$RPN = S \times O \times D$$

Sumber : [8]

Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi prioritas penanganan mode kegagalan yang ditimbulkan. Dalam penelitian ini, komponen dan mode kegagalan dengan RPN tertinggi dikategorikan sebagai komponen kritis yang akan menjadi fokus dalam analisis keandalan serta penetapan *interval preventive maintenance*. Dengan demikian, *FMEA* berfungsi sebagai penghubung antara analisis kualitatif (fungsi dan efek kegagalan) dengan analisis kuantitatif yang berbasis data kerusakan aktual.

Tabel 1 : Skala Penilaian Severity (Sev)

Rating	Kriteria Severity
10	Sangat berbahaya, dapat menyebabkan kecelakaan atau menghentikan produksi total
9	Berbahaya, berpotensi mengganggu keselamatan dan menghentikan produksi
8	Kerusakan sangat besar, produksi berhenti total
7	Kerusakan besar, produksi terganggu secara signifikan
6	Kerusakan sedang, sebagian proses produksi terganggu
5	Kerusakan cukup, performa mesin menurun
4	Kerusakan ringan, tidak mengganggu produksi utama
3	Gangguan kecil, masih dapat ditoleransi
2	Sangat kecil, hampir tidak berdampak
1	Tidak ada dampak

Tabel. 2 Definisi FMEA Untuk Rating Occurence (Occ)

Rating	Kriteria Occurrence
10	Kegagalan terjadi >1 kali per hari
9	Hampir setiap hari
8	1 kali per minggu
7	1 kali tiap 2 minggu
6	1 kali per bulan
5	1 kali tiap 2–3 bulan
4	1 kali tiap 3–6 bulan
3	1 kali per tahun
2	Sangat jarang (<1 kali per tahun)
1	Hampir tidak pernah terjadi

Tabel.3 Definisi FMEA Untuk Rating Detecability

Rating	Deskripsi
1	Kegagalan terdeteksi secara otomatis oleh sistem sebelum terjadi dampak
2	Kegagalan terdeteksi oleh sistem kontrol tanpa perlu intervensi operator
3	Kegagalan terdeteksi melalui inspeksi rutin yang sudah terjadwal
4	Kegagalan terdeteksi melalui pengamatan langsung oleh operator saat proses berlangsung
5	Kegagalan terdeteksi jika dilakukan pemeriksaan manual tambahan di luar prosedur rutin
6	Kegagalan terdeteksi hanya jika dilakukan pengujian atau pengecekan khusus
7	Kegagalan terdeteksi setelah dilakukan analisis menggunakan alat bantu tertentu
8	Kegagalan terdeteksi setelah produk digunakan atau setelah proses selesai
9	Kegagalan terdeteksi hanya setelah terjadi keluhan atau dampak nyata
10	Kegagalan tidak memiliki mekanisme deteksi dalam sistem

Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

MTTF serta MTTR digunakan guna menggambarkan perilaku kerusakan komponen mesin Top Sealing secara kuantitatif berdasarkan data historis tahun 2024–2025. *Mean Time To Failure (MTTF)* adalah rata-rata waktu operasi komponen sebelum terjadi kegagalan pertama, sedangkan *Mean Time To Repair (MTTR)* adalah rata-rata waktu yang memerlukan guna memperbaiki komponen sampai kembali beroperasi normal. Nilai *MTTF* serta *MTTR* sangat menentukan dalam penyusunan strategi perawatan, karena mencerminkan seberapa sering komponen gagal dan seberapa cepat kerusakan dapat dipulihkan.

Perhitungan *MTTF* dan *MTTR* disesuaikan dengan distribusi statistik yang tepat dengan data *Time to Failure (TTF)* serta *Time to Repair (TTR)* hasil uji kecocokan distribusi. Secara umum, rumus *MTTF* untuk beberapa distribusi yang umum digunakan adalah sebagai berikut[10]:

Distribusi Normal, $MTTF = \mu$

Distribusi Lognormal, $MTTF = tmed.e^{s^2}$

Distribusi Weibull, $MTTF = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$

Distribusi Gamma, Nilai $\Gamma(l + 1)$ didapat dari $\Gamma(x)$ = tabel fungsi gamma Distribusi Eksponensial, $MTTF = 1/\lambda$

Availability

Availability digunakan untuk menggambarkan tingkat kesiapan mesin *Top Sealing* dalam menjalankan proses produksi tanpa mengalami gangguan[11]. Parameter ini memperhitungkan seberapa lama mesin dapat beroperasi dibandingkan total waktu yang mencakup periode operasi dan waktu henti akibat perbaikan. Dengan demikian, nilai *availability* memberikan gambaran mengenai efektivitas mesin dalam memenuhi kebutuhan produksi sehari-hari. Perhitungan *availability* dilakukan dengan membandingkan rata-rata waktu mesin berfungsi normal (*MTTF*) dengan total siklus antara waktu operasi dan waktu perbaikan (*MTTF* + *MTTR*). Rumus yang digunakan adalah[12]:

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

RCM II

Reliability Centered Maintenance II (RCM II) merupakan metode pemeliharaan berfokus pada upaya menjaga keandalan fungsi mesin dengan cara mengidentifikasi fungsi, kegagalan fungsi, serta konsekuensi dari setiap kegagalan yang terjadi[13]. Pendekatan ini menekankan bahwa tidak semua komponen harus diperlakukan dengan jenis perawatan yang sama, melainkan ditentukan berdasarkan tingkat kritikalitas dan dampaknya terhadap proses produksi[14].

Dalam penggunaannya, RCM II diawali dengan identifikasi fungsi utama dan fungsi pendukung mesin *Top Sealing*, kemudian ditentukan kegagalan fungsi yang dapat menghambat pencapaian kinerja mesin. Setiap kegagalan fungsi dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui mode kegagalan dan dampaknya terhadap keselamatan, kualitas produk, serta kelancaran proses produksi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, RCM II dimanfaatkan guna menentukan strategi pemeliharaan ideal, seperti *scheduled maintenance*, *condition-based maintenance*, *run to failure*, atau rekomendasi perbaikan desain[15].

Penggunaan RCM II dalam penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa aktivitas pemeliharaan mesin *Top Sealing* dilakukan secara lebih terarah dan berbasis risiko. Dengan demikian, sumber daya *maintenance* dapat diutamakan pada komponen kritis yang mempunyai pengaruh besar terhadap *downtime*, sampai *interval preventive maintenance* yang diciptakan lebih optimal dan lebih tepat melalui kondisi operasional mesin.

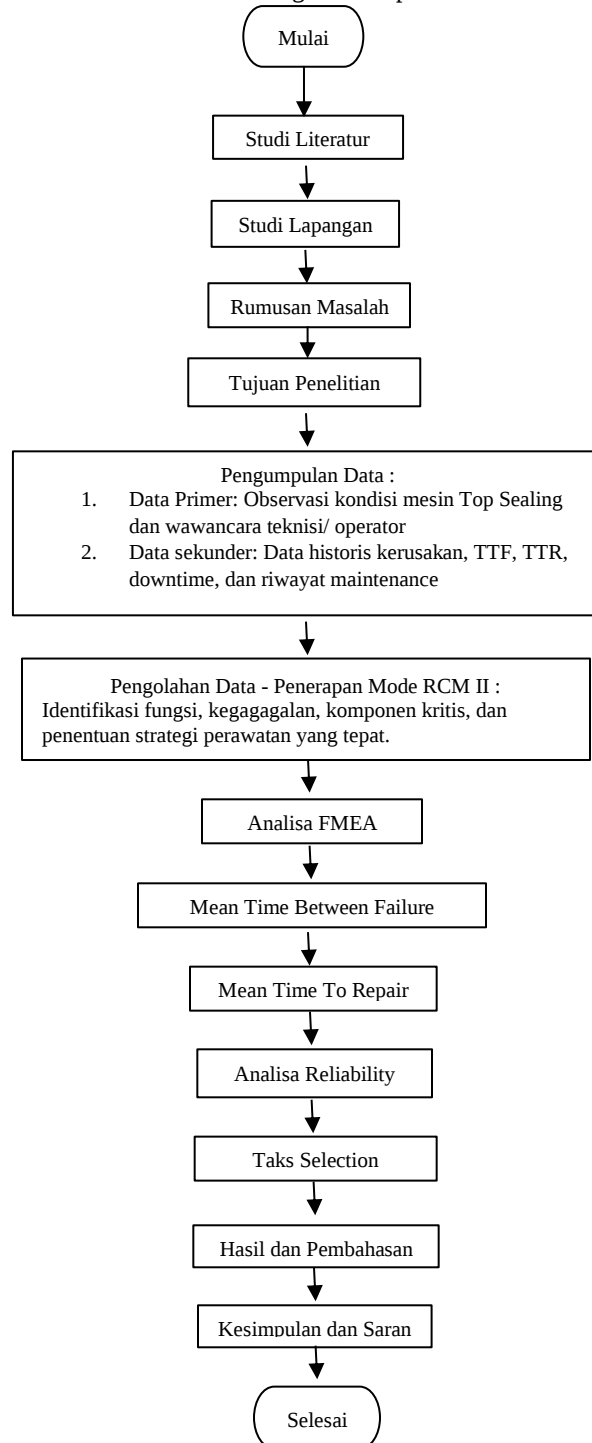
Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan observasi terhadap operasi mesin *Top Sealing* di PT Sari Roti serta pengumpulan referensi yang relevan. Selanjutnya diterapkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM II)* guna menganalisa fungsi komponen, mode kegagalan, dan dampak kegagalan sebagai dasar penentuan komponen kritis.

Data historis kerusakan tahun 2024–2025 kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *TTF* dan *TTR*. Data tersebut diuji distribusinya untuk menentukan model *probabilitas* yang paling sesuai. Setelah distribusi diperoleh, dilakukan perhitungan nilai *MTTF*, *MTTR*, serta *reliability R(t)* untuk mengetahui peluang komponen tetap berfungsi dalam periode tertentu.

Nilai *reliability* tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan *interval preventive maintenance* dengan memilih titik penurunan keandalan yang dianggap optimal. Hasil kajian ini selanjutnya dirangkum untuk rekomendasi strategi pemeliharaan supaya menurunkan *downtime* serta mendorong keandalan mesin *Top Sealing* di PT Sari Roti.

Gambar 1 : Diagram alur penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan dan analisis data dilakukan untuk mendukung pelaksanaan penelitian. Tahap awal dalam penelitian ini adalah melakukan perhitungan menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA). Pada tahap ini, terlebih dahulu ditentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* untuk setiap mode kegagalan sebagai dasar dalam menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Selanjutnya, dilakukan identifikasi terhadap komponen pada mesin *Top Sealing* untuk menentukan persentase komponen kritis. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, ditentukan interval perawatan dengan mempertimbangkan kondisi ketika kerusakan terjadi sebelum waktu perawatan yang telah ditetapkan. Penggantian komponen dilakukan berdasarkan usia optimal perawatan yang dihitung sejak waktu penggantian komponen terakhir. Dengan demikian, penggunaan komponen dapat dipertahankan pada kondisi yang optimal, sehingga dapat meminimalkan terjadinya perawatan yang tidak diperlukan serta mengurangi potensi kerugian akibat penggantian komponen yang tidak efisien.

Perhitungan nilai FMEA menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots (1)$$

dengan keterangan:

- S = Severity
- O = Occurrence
- D = Detection

Tahap berikutnya adalah mengidentifikasi komponen pada mesin *Top Sealing* untuk menentukan persentase komponen kritis.

A. Identifikasi Mesin Kritis

Part	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1–10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1–10)	Current Controls	Det (1–10)	RPN
Heater Bar	Memanaskan plastik hingga suhu sealing	Tidak mencapai suhu setpoint	Seal tidak rekat, produk bocor, reject tinggi	9	Heater aus, elemen putus	8	Pengecekan visual heater &	4	288
	Menjaga kestabilan panas	Suhu fluktuatif	Seal tidak konsisten, potensi line stop	8	Thermocouple rusak, controller	7	Kalibrasi controller & thermocouple	5	280
	Memberi panas merata	Heater mati total	Mesin berhenti total (downtime besar)	9	Kabel putus, short	6	Pengecekan kabel/terminal &	5	270
Thermocouple / Sensor Suhu	Mendeteksi suhu heater	Membaca suhu terlalu rendah/tinggi	Panas berlebih/kurang → kualitas sealing turun	8	Sensor aus, kotor, tidak presisi	6	Pembersihan sensor & verifikasi	5	240
	Mengirim data suhu ke controller	Tidak memberi sinyal	Mesin error, heater mati otomatis	7	Putus/kabel longgar	5	Pengecekan konektor/kabel	6	210
Belt / Conveyor Penggerak	Menarik kemasan melewati area sealing	Belt slip	Seal miring, reject	8	Belt aus, kendur	6	Penyetelan tension belt mingguan	5	240
	Menarik kemasan	Belt putus	Mesin berhenti total	9	Overload, aus ekstrem	5	Penggantian belt berdasarkan jam	4	180
	Menjaga kecepatan konstan	Tarikan tidak stabil	Seal tidak rata	7	Pulley aus	5	Pengecekan pulley & gearbox saat	6	210
Roller Penekan	Menekan kemasan agar stabil	Roller aus	Seal tidak rata	7	Gesekan terus-menerus	5	Pengecekan visual & cleaning roller	5	175
	Menjaga posisi produk	Roller macet	Produk tersangkut, stop line	8	Bearing kotor/rusak	4	Pelumasan bearing sesuai jadwal PM	5	160
Sensor Produk (Photo Sensor)	Mendeteksi posisi produk	False trigger	Seal salah posisi, reject tinggi	7	Sensor kotor, cahaya bocor	4	Pembersihan lensa sensor setiap shift	7	196
	Mendeteksi keberadaan produk	No-detect	Produk lewat tanpa sealing	8	Kabel longgar, sensor aus	3	Tes fungsi sensor sebelum produksi	7	168

Gambar 2. analisis Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), komponen **Heater Bar** memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu sebesar **288**, sehingga dikategorikan sebagai komponen dengan tingkat risiko kegagalan paling tinggi pada mesin *Top Sealing*. Analisis FMEA dilakukan berdasarkan penilaian terhadap tiga parameter, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), yang diperoleh melalui observasi lapangan serta wawancara dengan teknisi. Ketiga parameter tersebut digunakan sebagai dasar dalam menghitung nilai RPN untuk menentukan tingkat kritikalitas setiap komponen. Selanjutnya, analisis didukung oleh data historis kerusakan mesin *Top Sealing* periode 2024–2025 yang diperoleh dari bagian *maintenance* perusahaan.

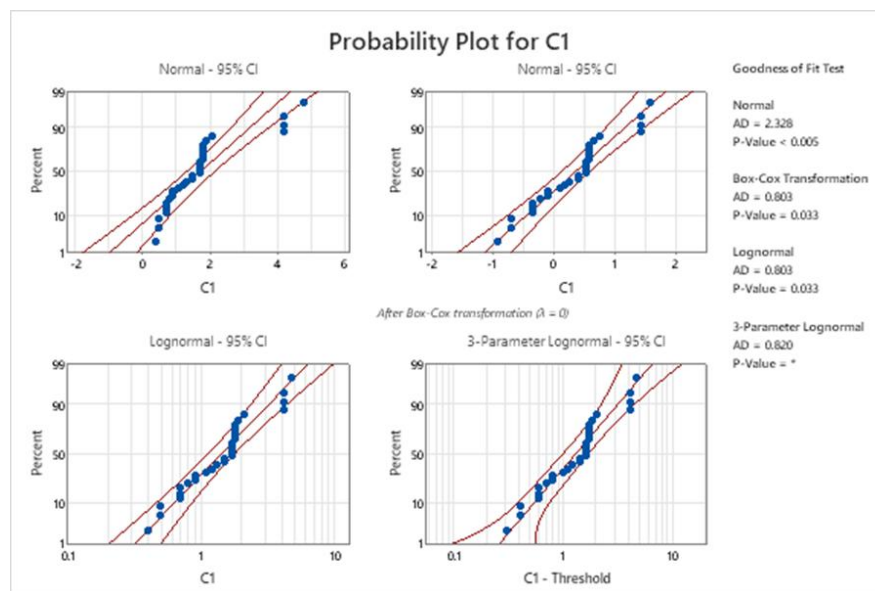
Data tersebut meliputi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR), yang kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Minitab 19 untuk melakukan uji *goodness of fit* dan estimasi parameter distribusi.

B. Analisis Goodness of Fit dan Pemilihan Distribusi

Pada tahap ini dilakukan pengujian goodness of fit untuk mengidentifikasi distribusi probabilitas yang paling sesuai dalam merepresentasikan karakteristik data secara statistik. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab 19 untuk mengetahui model distribusi yang paling mampu menggambarkan pola data kerusakan dan perbaikan komponen Heater Bar. Penentuan distribusi terbaik mengacu pada nilai statistik Anderson–Darling (AD), dimana distribusi dengan nilai AD terkecil menunjukkan tingkat kecocokan yang lebih baik terhadap data aktual dibandingkan distribusi lainnya.

Pengolahan data ini bertujuan untuk menggambarkan pola kegagalan komponen selama periode pengamatan. Pola distribusi *Time to Repair* (TTR) diperoleh dari data durasi waktu perbaikan yang menunjukkan karakteristik waktu pemulihan sistem setelah terjadi kerusakan. Sementara itu, pola distribusi *Time to Failure* (TTF) diperoleh dari data selang waktu antar kejadian kerusakan pada komponen Heater Bar.

Distribusi Minitab



Gambar 3 : Distribusi Minitab

Hasil uji *goodness of fit* menggunakan Minitab 19 menunjukkan bahwa data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) mengikuti distribusi lognormal. Distribusi ini dipilih karena memiliki nilai Anderson-Darling (AD) paling kecil dibandingkan distribusi lainnya, sehingga dianggap sebagai distribusi yang paling sesuai untuk menggambarkan karakteristik data kerusakan komponen. Penggunaan distribusi lognormal juga didukung oleh kemampuannya dalam memodelkan data yang memiliki sebaran tidak simetris, sebagaimana umum dijumpai pada analisis keandalan. Selanjutnya, parameter distribusi yang diperoleh digunakan dalam perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk menghasilkan estimasi tingkat keandalan dan waktu perbaikan komponen secara lebih akurat.

C. Penentuan Parameter Distribusi Lognormal

Berdasarkan hasil uji *goodness of fit*, distribusi lognormal dipilih sebagai model yang paling sesuai. Selanjutnya, parameter distribusi diestimasi menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) pada Minitab 19 untuk memperoleh nilai parameter lokasi (μ) dan skala (σ) sebagai dasar perhitungan keandalan. Hasil estimasi parameter ditunjukkan sebagai berikut: Distribusi lognormal memiliki dua parameter utama yaitu μ (mu) sebagai rata-rata logaritmik dan σ (sigma) atau s sebagai simpangan baku logaritmik.

Berdasarkan hasil estimasi parameter menggunakan Minitab diperoleh nilai parameter distribusi lognormal sebagai berikut:

Parameter TTR

$$t_{med} = 1.41 \text{ jam}$$

$$s = 0.639$$

Parameter TTF

$$t_{med} = 140.72 \text{ jam}$$

$$s = 0.694$$

Parameter tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) dan Mean Time to Failure (MTTF) sehingga estimasi waktu kegagalan dan waktu perbaikan komponen dapat menggambarkan karakteristik data secara lebih representatif.

D. Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR)

Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) dan Mean Time to Repair (MTTR) pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan distribusi lognormal. Dalam proses perhitungannya, digunakan parameter μ (rata-rata logaritmik) dan simpangan baku lognormal (s) yang diperoleh dari estimasi parameter distribusi.

$$\begin{aligned} t_{med} &= \exp^{\mu} \\ &= \exp^{0,344} \\ &= 1,41 \\ s &= 0,639 \\ \text{MTTR} &= t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right) \\ &= 1,41 \cdot \exp\left(\frac{0,639^2}{2}\right) \\ &= 1,41 \cdot \exp(0,204) \\ &= 1,41 \cdot 1,226 \\ &= 1,73 \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} t_{med} &= \exp^{\mu} \\ &= \exp^{4,947} \\ &= 140,72 \\ s &= 0,694 \\ \text{MTTF} &= t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right) \\ &= 140,72 \exp\left(\frac{0,694^2}{2}\right) \\ &= 140,72 \cdot \exp(0,241) \\ &= 140,72 \cdot 1,273 \\ &= 179,20 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai MTTF sebesar 179,20 jam atau sekitar 25 hari kerja menunjukkan bahwa secara rata-rata komponen mengalami kerusakan setiap 25 hari operasional. Nilai MTTR sebesar 1,73 jam menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan hingga komponen kembali beroperasi normal.

E. Availability

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai Mean Time to Failure (MTTF) sebesar 179,20 jam dan Mean Time to Repair (MTTR) sebesar 1,73 jam. Dengan menggunakan rumus availability:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \\
 &= \frac{179,20}{179,20 + 1,73} \\
 &= 0,9904
 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai availability sebesar 0,9904 atau 99,04%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa komponen heater bar memiliki tingkat kesiapan operasi yang sangat tinggi. Artinya, selama periode operasional, komponen berada dalam kondisi siap digunakan sebesar 99,04% dari total waktu, dengan downtime sekitar 0,96%. Persentase downtime yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi tidak terlalu sering dan waktu perbaikan yang dibutuhkan juga relatif singkat.

F. Analisis dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai Mean Time to Failure (MTTF) senilai 179,20 jam serta Mean Time to Repair (MTTR) senilai 1,73 jam, serta nilai availability senilai 99,04%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa komponen heater bar memiliki tingkat keandalan dan ketersediaan yang sangat tinggi dalam mendukung proses operasional. Nilai MTTF sebesar 179,20 jam mengindikasikan bahwa komponen mengalami kerusakan rata-rata setiap sekitar 25 hari kerja. Sementara itu, nilai MTTR yang relatif kecil yaitu 1,73 jam. Temuan ini menunjukkan bahwa proses pemulihan komponen dapat dilakukan dengan cepat, sehingga waktu henti operasional mesin tetap berada pada tingkat yang rendah. Hal ini juga didukung oleh nilai availability yang mencapai 99,04%, yang berarti sistem hampir selalu dalam kondisi siap beroperasi.

Meskipun demikian, tetap diperlukan upaya peningkatan untuk menjaga bahkan meningkatkan performa sistem agar risiko kerusakan dapat diminimalkan. Beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan antara lain:

1. Peningkatan program preventive maintenance (PM), Penjadwalan perawatan secara berkala sebelum mencapai rata-rata waktu kerusakan (MTTF) guna mencegah terjadinya kerusakan mendadak.
2. Pelatihan teknisi secara berkala, Meningkatkan kemampuan teknisi dalam melakukan diagnosis dan perbaikan sehingga waktu perbaikan (MTTR) dapat ditekan lebih rendah.
3. Penetapan wear limit komponen, Menentukan batas keausan heater bar sebagai acuan penggantian komponen sebelum terjadi kegagalan total.
4. Optimalisasi sistem pelumasan, Melakukan standarisasi jenis pelumas, interval pelumasan, serta metode aplikasi untuk mengurangi laju keausan dan memperpanjang umur komponen.
5. Penyediaan spare part kritis, Memastikan ketersediaan suku cadang penting agar proses perbaikan dapat dilakukan tanpa menunggu waktu pengadaan.

Dengan penerapan rekomendasi tersebut, diharapkan nilai keandalan dan availability sistem dapat terus dipertahankan bahkan ditingkatkan, sehingga proses operasional dapat berjalan lebih optimal dan efisien.

VI. KESIMPULAN

Atas kajian yang telah dilaksanakan komponen heater bar melalui implementasi pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM II), dapat disimpulkan bahwa analisis keandalan dan pemeliharaan berbasis data historis mampu memberikan gambaran yang lebih akurat terkait performa komponen dalam sistem operasional. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa distribusi lognormal digunakan dalam perhitungan parameter keandalan, dengan nilai Mean Time to Failure (MTTF) senilai 179,20 jam dan Mean Time to Repair (MTTR) sebesar 1,73 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa komponen mengalami kerusakan rata-rata setiap 179,20 jam operasi atau sekitar 25 hari kerja. Selain itu, diperoleh nilai availability sebesar 99,04%, yang menunjukkan bahwa komponen memiliki tingkat kesiapan operasi yang sangat tinggi dan hanya mengalami downtime sebesar 0,96% dari total waktu operasional. Melalui penerapan metode RCM II yang didukung dengan analisis FMEA, komponen kritis yang teridentifikasi adalah heater bar dengan nilai RPN tertinggi sebesar 288, sehingga strategi pemeliharaan difokuskan pada komponen tersebut. Berdasarkan analisis keandalan, diperoleh interval preventive maintenance optimal sebesar 179,20 jam atau sekitar 25 hari kerja. Sebelumnya, penentuan jadwal pemeliharaan masih bersifat reaktif (corrective maintenance) dan belum berbasis data keandalan, sehingga berpotensi menyebabkan downtime yang tidak terencana. Dengan demikian, penentuan interval preventive maintenance yang berbasis nilai MTTF dapat membantu mengurangi risiko kerusakan mendadak, menekan downtime, serta meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Arif Mulawarman, 'Perencanaan Perawatan Mesin Injection Molding dengan Menggunakan Metode Realibility Centered Maintenance di PT. Victory Plastic', *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 3, pp. 99–110, 2016.
- [2] Ahmad Amirudin and Ari Zaqi Al Faritzzy, 'Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II Di PT Naga Laut Timur', *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 3, pp. 88–99, Jun. 2023, doi: 10.55606/juprit.v2i3.2016.
- [3] J. T. Juwandono and J. Purnama, 'Analisa Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Age Replacement', *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 6, no. 3, pp. 483–492, Jul. 2023, doi: 10.31004/jutin.v6i3.15768.
- [4] A. Purwanto, A. D. Megasari, and N. Nuryadi, 'Evaluasi Manajemen Pemeliharaan Berbasis RCM untuk Peralatan Produksi Berkategori Vital terhadap Keselamatan (Criticality A) dan Proses Produksi (Criticality B) pada PT. EMC di Kabupaten Bojonegoro', *Akad. J. Mhs. Humanis*, vol. 5, no. 1, pp. 563–573, 2025, doi: 10.37481/jmh.v5i1.1273.
- [5] M. Alif Andrian and W. Wahyudin, 'Penerapan Perawatan Mesin Die Cut Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Empat Perdana Carton', *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 9, no. 2, p. 194, 2024, doi: 10.30998/string.v9i2.25462.
- [6] H. Hidayat, M. Jufriyanto, and A. W. Rizqi, 'Perancangan RCM (Reliability Centered Maintenance) Untuk Mengurangi Downtime Mesin Pembuat Botol (Studi Kasus PT IGLAS (Persero), Gresik)', *MATRIK*, vol. 21, no. 2, p. 157, Mar. 2021, doi: 10.30587/matrik.v21i2.2038.
- [7] S. Okwuobi *et al.*, 'A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine', *Machines*, vol. 6, no. 4, p. 50, Oct. 2018, doi: 10.3390/machines6040050.
- [8] A. P. Aditia, 'Analisis Perawatan Mesin Pada Komponen Mobile Crane Kobelco Rk 450 Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Ii (Rcm Ii) Dan Age Replacement', no. Rcm Ii, pp. 1–94, 2024.
- [9] M. Prabowo and T. Ihsan, 'Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Untuk Mengoptimalkan Waktu C-Check Casa 212-400 i', *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 1639–1650, 2023.
- [10] F. Wendyantoro, I. Apriliana, and S. Wulandari, 'Maintenance System for Overhead Crane Equipment with Reliability Centered Maintenance (RCM) II Method and Age replacement [Sistem Perawatan Alat Overhead Crane Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II Dan Age replacement]', pp. 1–13.
- [11] M. P. Adillia and Z. F. Rosyada, 'Analisis Keefektifitas Mesin Stenter Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Studi kasus : Departemen Finishing PT XYZ)', 2023.
- [12] N. H. Ummah and S. S. Dahda, 'Analisis Efektifitas Kinerja Mesin Cutting Manual Dan Otomatis Menggunakan Metode OEE (Overall Equipment Effectiveness) Di PT. XYZ', *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 345, 2022, doi: 10.24014/jti.v8i2.19765.
- [13] S. Ramadhania, A. S. Dewantara, N. S. Permata, and M. S. P. A. Suroso, 'Preventive Maintenance Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Ii Pada Fasilitas Produksi Kritis Perusahaan Baja', *J. REKAYASA Sist. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 58–67, Jul. 2025, doi: 10.33884/jrsi.v10i2.9418.
- [14] L. Theresia, G. Ranti, Y. Widiyanty, and Stephani, 'Implementasi Lean Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Meningkatkan Keandalan Mesin: Studi Kasus PT Pelita Cengkareng Paper (Implementation of Lean Reliability Centered Maintenance (RCM) to Increase Machine Reliability Case: Study of PT Pelita Cen', *J. IPTEK*, vol. 7, no. 2, pp. 13–20, 2023.
- [15] Roganda Simbolon, Doarjo Simbolon, and Paris Johannes Ginting, 'Perancangan Interval Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Metode Reliability Centered Maintenance ii (rcm ii) Studi Kasus : Pt. Gunung Selamat Lestari', *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 210–221, Oct. 2020, doi: 10.36418/jist.v1i3.23.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.