

Preventive Maintenance Analysis Using Reliability Centered Maintenance II (RCM II)

[Analisis Preventive Maintenance Menggunakan Reliability Centered Maintenance II (RCM II)]

Nilam Sari ¹⁾, Tedjo Sukmono ²⁾

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

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

*Email Penulis Korespondensi thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. *In the precast concrete industry, the hoist machine plays a role in the process of lifting and moving large capacity materials with high operating intensity so that it has the potential to suffer damage that can interfere with the production process. This study aims to identify critical components in the hoist machine, determine the Risk Priority Number (RPN) value, and formulate recommendations for appropriate maintenance strategies. This study uses the Reliability Centered Maintenance (RCM) II approach to analyze the level of reliability of machine components and determine the appropriate maintenance strategy. The results of the analysis show that the shaft component in the trolley system is the most critical component with an RPN value of 270. In addition, an MTTF value of 390,420 hours and an MTTR of 3,00469 hours with an availability value of 99.24%, which shows a very high level of machine operation readiness. The recommended maintenance strategy is Condition-Based Maintenance through vibration, temperature, and inspection of the physical condition of components.*

Keywords - Reliability Centered Maintenance II; FMEA; MTTF; MTTR

Abstrak. *Pada industri beton pracetak, mesin hoist berperan dalam proses pengangkatan dan pemindahan material berkapasitas besar dengan intensitas operasi yang tinggi sehingga berpotensi mengalami kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen kritis pada mesin hoist, menentukan nilai Risk Priority Number (RPN), serta merumuskan rekomendasi strategi pemeliharaan yang sesuai. Penelitian ini menggunakan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) II untuk menganalisis tingkat keandalan komponen mesin dan menentukan strategi pemeliharaan yang tepat. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen shaft pada sistem trolley merupakan komponen paling kritis dengan nilai RPN sebesar 270. Selain itu diperoleh nilai MTTF sebesar 390,420 jam dan MTTR sebesar 3,00469 jam dengan nilai availability sebesar 99,24%, yang menunjukkan tingkat kesiapan operasi mesin yang sangat tinggi. Strategi pemeliharaan yang direkomendasikan adalah Condition-Based Maintenance melalui pemantauan getaran, temperatur, dan inspeksi kondisi fisik komponen.*

Kata Kunci - Reliability Centered Maintenance II; FMEA; MTTF; MTTR

I. PENDAHULUAN

Keandalan mesin memiliki peran penting dalam menjamin kelancaran proses produksi pada industri manufaktur [1]. Perusahaan perlu memastikan bahwa setiap peralatan selalu siap digunakan sambil menekan downtime serendah mungkin, sehingga kegiatan produksi dapat berjalan lancar dan tetap berada pada tingkat produktivitas yang maksimal [2]. Salah satu peralatan yang berperan penting dalam aktivitas pemindahan material adalah mesin hoist, yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan beban berkapasitas besar secara aman dan efisien [3]. Karena mesin beroperasi dengan frekuensi yang tinggi dan berada dalam kondisi kerja yang cukup berat, potensi terjadinya kerusakan akan semakin besar jika tidak didukung oleh kegiatan perawatan yang teratur dan dilakukan dengan benar [4]. Ketika mesin mengalami kerusakan, alur produksi secara otomatis terhambat yang memicu keterlambatan hasil produksi, tetapi juga meningkatkan biaya operasional dan menurunkan efisiensi kerja [5].

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur beton pracetak di Indonesia yang sangat bergantung pada kinerja mesin hoist dalam pengaturan dan pemindahan material di area produksi. Mesin hoist berperan penting dalam mendukung kelancaran proses produksi harian untuk mengangkat serta memindahkan material beton dari satu lokasi ke lokasi lainnya di area produksi yang berlangsung dengan intensitas tinggi [6]. Mesin tersebut memegang peran penting dalam memastikan proses produksi berjalan lancar dan tanpa hambatan [7]. Namun, berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, mesin hoist di PT XYZ sering mengalami gangguan operasional. Salah satu permasalahan operasional yang teridentifikasi adalah terjadinya kerusakan pada komponen *trolley* dengan *downtime* mencapai 55,9 jam selama september 2024 hingga januari 2025, gangguan tersebut memberikan dampak langsung terhadap kelancaran aliran proses produksi. Selain itu, terhentinya fungsi komponen ini turut memperpanjang waktu tunggu

pada tahapan proses berikutnya, sehingga berpotensi menurunkan tingkat efisiensi sistem produksi secara keseluruhan [8].

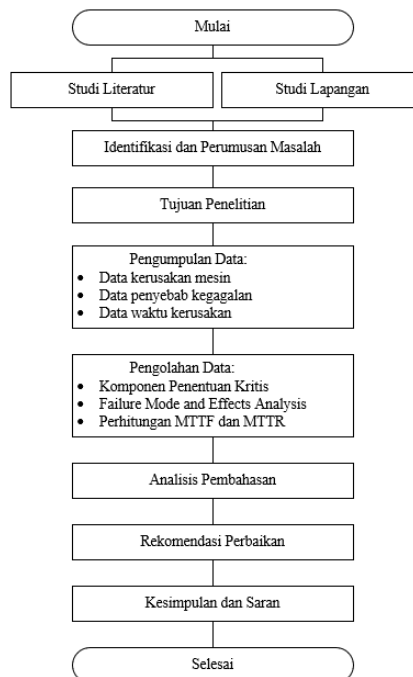
Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk melakukan peninjauan kembali terhadap strategi perawatan, agar lebih terfokus pada elemen sistem yang berkontribusi signifikan terhadap gangguan operasional dan penurunan kinerja produksi. *Reliability Centered Maintenance* (RCM I) merupakan pendekatan pemeliharaan yang menitikberatkan pada analisis kegagalan secara komprehensif dan sistematis terhadap setiap fungsi serta mode kegagalan komponen yang penerapannya cenderung memerlukan tahapan analisis yang kompleks [9]. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) yang lebih sederhana dan sistematis dengan menekankan pada konsekuensi kegagalan terhadap aspek keselamatan dan operasional [10]. Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu pendekatan analisis kegagalan yang bersifat kualitatif yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai potensi kegagalan pada suatu fasilitas, peralatan, maupun sistem, serta menilai dampak yang dapat ditimbulkan akibat kegagalan tersebut. Metode ini banyak dimanfaatkan untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya risiko atau gangguan pada setiap komponen mesin sehingga potensi masalah yang dapat mempengaruhi kinerja sistem dapat diketahui sejak awal [11]. Pendekatan ini memungkinkan penentuan strategi perawatan yang lebih tepat berdasarkan tingkat keandalan dan risiko kegagalan komponen. Dengan pemeliharaan yang baik, potensi kerusakan yang dapat menyebabkan downtime dapat diminimalkan sehingga proses produksi tetap berjalan dengan lancar [12].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan metode RCM dapat digunakan untuk menentukan interval perawatan yang optimal serta menurunkan *downtime* [13]. Dengan penerapan RCM juga dapat membantu mengidentifikasi komponen yang paling berpotensi menimbulkan gangguan [14]. Namun, kajian mengenai penerapan RCM II pada mesin hoist di industri beton pracetak masih terbatas. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen kritis, akar penyebab kegagalan, konsekuensi gangguan yang ditimbulkan, serta rekomendasi interval perawatan yang sesuai dengan kondisi operasional aktual di lapangan. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar perbaikan sistem perawatan mesin hoist guna mendukung kelancaran dan efisiensi proses produksi di PT XYZ.

II. METODE

A. *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II)

Data pada penelitian ini diambil dari data historis kerusakan yang tercatat selama periode pengamatan. Data tersebut ditelaah untuk mengetahui bagian mana yang paling sering menyebabkan gangguan serta memberi dampak memberi dampak paling besar terhadap kelancaran proses produksi. Penelitian ini disusun secara sistematis dan terstruktur agar pelaksanaannya dapat berjalan dengan lebih terarah. Oleh karena itu, dibuat suatu alur penelitian dalam bentuk *flowchart* yang menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian berlangsung. Alur penelitian tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, yaitu pada periode Agustus 2025 hingga Januari 2026, di PT. XYZ, sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi beton yang berlokasi di Jawa Timur. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II) dan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menganalisis keandalan komponen serta mengidentifikasi potensi kegagalan yang dapat terjadi pada sistem.

C. Tahapan penelitian

Tahapan penelitian merupakan serangkaian langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Sumber data dalam penelitian ini diperoleh dari PT XYZ yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap pengoperasian mesin hoist serta wawancara dengan operator, teknisi pemeliharaan, dan supervisor untuk memperoleh informasi mengenai pola kerusakan, dampak kegagalan, serta kebijakan perawatan yang diterapkan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumen historis perusahaan yang meliputi data waktu kerusakan, waktu perbaikan, penyebab kerusakan, dan riwayat downtime mesin. Seluruh data tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis keandalan mesin serta penyusunan rekomendasi strategi perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II).

2. Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sebagai berikut:

a. *Failure Mode and Analysis Effect*

Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) digunakan untuk menilai tingkat risiko kegagalan pada setiap komponen. Penilaian risiko dilakukan dengan menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh dari perkalian antara tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan tingkat kemampuan deteksi (*detection*) yang diperoleh dari:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots\dots\dots(1)$$

Sumber: [15].

Komponen yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi ditetapkan sebagai komponen kritis dan selanjutnya menjadi prioritas untuk dilakukan analisis lanjutan. Nilai RPN yang tinggi menunjukkan kombinasi tingkat keparahan kegagalan, frekuensi kejadian, dan rendahnya kemampuan deteksi yang dapat memberikan dampak signifikan terhadap kinerja dan keandalan sistem. Oleh karena itu, komponen tersebut memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan strategi pemeliharaan guna meminimalkan risiko kegagalan serta mengurangi potensi *downtime* operasional. Batas nilai kritis ditentukan berdasarkan nilai rata-rata seluruh RPN yang dihitung [16].

b. *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Mean Time To Failure* (MTTF)

Mean Time to Failure (MTTF) digunakan sebagai indikator untuk menilai tingkat keandalan atau daya tahan suatu sistem maupun peralatan selama masa operasinya, yang merepresentasikan rata-rata waktu hingga terjadinya kegagalan. Sementara itu, *Mean Time to Repair* (MTTR) merupakan indikator yang digunakan untuk menentukan rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam melakukan perbaikan pada suatu sistem atau peralatan setelah terjadi kegagalan hingga kembali beroperasi normal. Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada penelitian ini dihitung melalui analisis distribusi probabilitas yang disesuaikan dengan pola data waktu antar kerusakan *Time to Failure* (TTF) dan waktu perbaikan *Time to Repair* (TTR). Penentuan jenis distribusi yang paling sesuai menjadi tahap yang sangat penting, karena ketepatan model distribusi yang dipilih akan berpengaruh langsung terhadap akurasi estimasi parameter keandalan secara keseluruhan. Tahap awal analisis dilakukan dengan mengidentifikasi distribusi probabilitas yang paling representatif terhadap pola data TTF dan TTR. Proses ini bertujuan untuk menggambarkan perilaku kegagalan dan durasi perbaikan secara lebih akurat. Dalam penelitian ini, beberapa alternatif distribusi yang diuji meliputi distribusi eksponensial, weibull, normal dan Lognormal. Penentuan distribusi terbaik dilakukan berdasarkan hasil uji kesesuaian (*goodness of fit*) terhadap data historis yang tersedia. Distribusi dengan tingkat kecocokan paling baik selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menghitung parameter MTTF dan MTTR sesuai dengan formulasi matematis masing-masing distribusi. Adapun distribusi yang digunakan dalam perhitungan nilai MTTF dan MTTR disajikan pada bagian berikut:

Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots(2)$$

Distribusi Weibull

$$MTTF = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots\dots\dots(3)$$

Distribusi Log Normal

$$MTTF = t_{med} \exp\left(\frac{s^2}{2}\right) \dots\dots\dots(4)$$

Sumber: [17]–[19].

3. Analisa dan Pembahasan

Tahap analisa dan pembahasan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keandalan komponen shaft pada mesin hoist berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini, hasil perhitungan parameter keandalan seperti *Mean Time to Failure* (MTTF), *Mean Time to Repair* (MTTR), serta nilai *reliability* dan *availability* akan dianalisis untuk mengetahui tingkat kinerja dan kesiapan operasi komponen yang diteliti. Analisis dilakukan dengan menginterpretasikan nilai-nilai parameter keandalan yang diperoleh serta membandingkannya dengan kondisi operasional sistem. Selain itu, hasil analisis distribusi data kegagalan yang telah ditentukan pada tahap pengolahan data digunakan sebagai dasar dalam menghitung probabilitas kegagalan komponen dalam periode waktu tertentu. Hasil dari tahap analisis ini kemudian menjadi dasar dalam penyusunan strategi perawatan yang sesuai dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II), sehingga dapat meningkatkan keandalan komponen serta meminimalkan potensi gangguan operasional pada sistem.

4. Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan dalam penelitian ini disusun berdasarkan hasil analisis keandalan serta evaluasi risiko kegagalan yang diperoleh dari metode RCM II dan FMEA. Tahap ini bertujuan untuk menentukan strategi perawatan yang paling tepat dalam meningkatkan keandalan komponen serta mengurangi potensi terjadinya kegagalan.

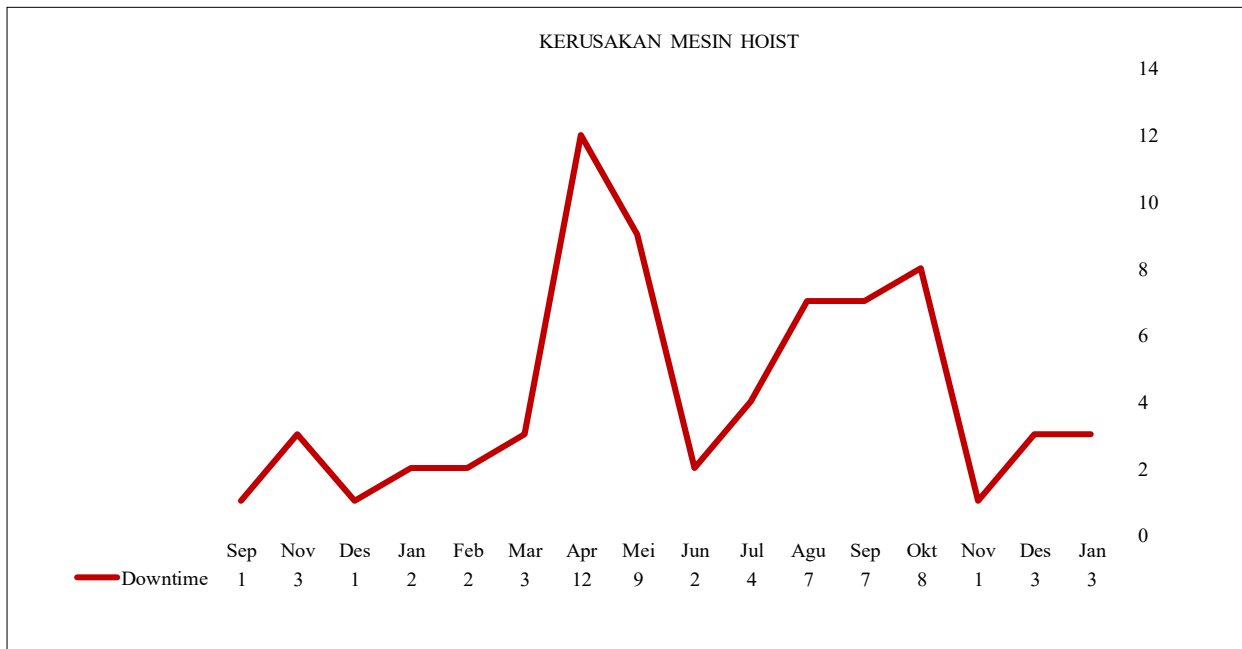
5. Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran dilakukan dengan merangkum hasil analisis yang telah diperoleh serta memberikan rekomendasi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan keandalan sistem. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis *reliability*, *availability*, serta evaluasi risiko kegagalan komponen. Saran yang diberikan dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan masukan bagi perusahaan dalam penerapan strategi perawatan yang lebih efektif serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis keandalan dan perencanaan pemeliharaan peralatan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Berikut merupakan data yang dikumpulkan berupa data historis banyaknya kerusakan perbulan dari catatan pemeliharaan perusahaan selama periode september 2024 hingga januari 2025.



Gambar 2 Data Kerusakan Mesin Hoist 2024-2025.

B. Pengolahan Data

Pada tahapan pengolahan data ini dilakukan untuk memperoleh parameter keandalan komponen yang diteliti. Proses pengolahan data diawali dengan penentuan distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan karakteristik data Time to Failure (TTF) dan Time to Repair (TTR) melalui uji goodness of fit.

1. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Analisis FMEA dilakukan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang mungkin terjadi pada setiap komponen, serta mengevaluasi dampak kegagalan tersebut terhadap kinerja sistem. Penilaian dilakukan dengan menggunakan nilai estimasi yang merepresentasikan tingkat keparahan kegagalan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi kerusakan peralatan selama proses produksi. Hasil perhitungan FMEA menghasilkan nilai Risk Priority Number (RPN) untuk setiap komponen, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan tingkat risiko kegagalan. Komponen dengan nilai RPN tertinggi diprioritaskan dalam perumusan strategi pemeliharaan berbasis *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, baik melalui tindakan perawatan.

Tabel 1 FMEA Worksheet.

FMEA Worksheet				SISTEM : Hoist							
				SUBSISTEM : Hoist							
No	Part	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Severity	Potential Cause Of Failure	Occurance	Current Controls	Detection	RPN	
1	As Travelling	Meneruskan putaran motor	As geser	Putaran poros tidak sejajar	4	Baut pengunci shaft longgar	2	Inspeksi visual	4	32	
				Getaran dan suara abnormal saat mesin beroperasi	4	Posisi pemasangan as kurang presisi	3	Pengencangan baut	3	36	
				gerakan tidak stabil	6	Getaran mesin terus-menerus	3	Monitoring getaran dan suara mesin saat operasi	4	72	
			As aus	Celah poros membesar sehingga putaran tidak presisi	5	Pelumasan tidak optimal	5	Pemeriksaan rutin	4	100	
				Mesin traveling sering tersendat	6	Kontaminasi debu	3	Penggantian shaft	2	36	
			As putus	Travelling berhenti total	9	Keausan poros yang tidak terdeteksi	5	Inspeksi visual	6	270	
				Kerusakan lanjutan pada gear dan motor	8	Pelumasan tidak memadai	4	Pelumasan rutin	4	128	
As rusak	Putaran as tidak stabil	6	Gesekan berlebih	4	Inspeksi visual	5	120				
2	Motor travelling	Menggerakkan beban	Motor rusak	travelling berhenti total	9	Pelumasan bearing motor tidak optimal	5	Inspeksi visual dan suara motor	4	180	
			Motor macet	Motor tidak dapat berputar	8	Bearing motor aus atau rusak	2	Inspeksi visual	5	80	
				Lonjakan arus listrik	7	Pelumasan tidak optimal	5	Pemeriksaan rutin	4	140	
			Motor terbakar	Motor rusak total dan tidak dapat digunakan	10	Overload listrik berkepanjangan	4	Thermal overload relay	6	240	
				Kerusakan lanjutan pada sistem kelistrikan	8	Hubungan pendek	2	Pemeriksaan terjadwal	4	64	
Risiko kebakaran	10	Proteksi motor tidak bekerja maksimal	4	Pemeriksaan isolasi saat overhaul	4	160					
3	Bearing Travelling	Mengurangi gesekan	Bearing aus	Putaran berat	5	Kontaminasi debu	2	Pelumasan rutin	4	40	
				Suhu meningkat	7	Overload	4	Seal bearing	4	112	
			Bearing macet	Travelling berhenti	8	Keausan lanjut	3	Monitoring beban	4	96	
				Kerusakan gear	8	Kampas aus	3	PM mekanik	4	96	
			Bearing rusak	Travelling tersendat	7	Overload	4	Monitoring getaran	3	84	
				Putaran tidak stabil	5	Misalignment	1	Inspeksi visual	3	15	
			Bearing longgar	Getaran berulang	6	Baut pengikat kendur	4	Pemeriksaan kekencangan	4	96	

4	Brake Hoist	Menahan beban	Brake mlorot	Beban turun perlahan	9	Penyetelan brake tidak sesuai	6	Inspeksi visual	4	216
				Posisi beban tidak stabil	8	Pegas brake melemah	1	Pemeriksaan berkala	3	24
			Brake aus	Daya pengereman berkurang	7	Umur pakai	2	Inspeksi visual	4	56
			Brake kendur	Daya pengereman berkurang	7	Setelan brake tidak sesuai standar	6	Pemeriksaan sebelum operasi	4	168
				Beban meluncur turun tiba-tiba	9	Getaran mesin berulang	2	Penyetelan brake saat maintenance	5	90
				Gerakan hoist tidak stabil	7	Kampas brake aus	6	Inspeksi visual	4	168
5	Gear	Menggerakkan hoist	Gear aus	Kontak gigi tidak sempurna	6	Pelumasan gear tidak optimal	2	Inspeksi visual	4	48
			Gear pinion lepas	Transmisi daya ke roda travelling terputus	8	Baut pengikat gear pinion longgar	7	Inspeksi visual	4	224
				travelling berhenti mendadak	8	Penguncian gear tidak optimal	6	Pemeriksaan suara dan getaran	4	192
				Timbul suara benturan dan getaran keras	6	Getaran berlebih saat operasi	2	Pengencangan baut saat maintenance	3	36
			Gear pinion geser	Perpindahan gerak travelling tersendat	7	Pemasangan gear pinion tidak presisi	5	Pengencangan baut gear saat maintenance	4	140

Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), mode kegagalan berupa shaft putus memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu sebesar 270. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kegagalan ini memiliki tingkat risiko yang signifikan serta berpotensi memberikan dampak serius terhadap keberlangsungan proses produksi.

2. Analisis *Goodness of Fit* dan Pemilihan Distribusi

Pada tahap ini dilakukan pengujian *goodness of fit* untuk mengidentifikasi distribusi probabilitas yang paling mampu merepresentasikan karakteristik data secara statistik. Pengujian ini memanfaatkan *software* Minitab 19 untuk mengenali model distribusi yang paling menggambarkan karakteristik data. Penentuan distribusi yang akan dipilih merujuk pada nilai statistik *Anderson-Darling* (AD) dengan nilai AD terendah karena menunjukkan tingkat kesesuaian yang lebih tinggi terhadap data sesungguhnya dibandingkan pilihan distribusi lainnya. Pengolahan data ini bertujuan untuk menggambarkan pola kegagalan komponen selama masa pengamatan yang telah dilakukan. Pola distribusi *Time to Repair* (TTR) didapat dari data durasi perbaikan, yang menggambarkan karakteristik waktu pemulihan sistem setelah terjadi gangguan dan *Time to Failure* (TTF) didapat dari data selang waktu antar kejadian kerusakan yang disajikan pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Data *Reliability* Shaft Putus.

Tanggal	TTR (Jam)	TTF (Jam)
14-09-2024	4,28	-
28-11-2024	1,23	448
18-01-2025	5,25	308
03-03-2025	1,90	266
15-04-2025	2,32	259
21-06-2025	4,75	399
29-08-2025	1,47	413
11-10-2025	3,42	259
15-01-2026	1,92	763

Selanjutnya, Tabel 3 menampilkan hasil pengolahan data menggunakan *software Minitab* yang digunakan untuk mengidentifikasi distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan karakteristik data yang dianalisis.

Tabel 3 Distribusi *Minitab*.

Distribusi	AD		Keterangan
	TTF	TTR	
Normal	0,709	0,427	Kurang
Exponential	1,710	1,166	Tidak Cocok
Weibull	0,639	0,405	Cocok
Lognormal	0,454	0,380	Paling Cocok

Berdasarkan hasil analisis, pola distribusi TTF mengikuti distribusi lognormal dengan nilai AD sebesar 0,454, sedangkan pola distribusi TTR juga mengikuti distribusi lognormal dengan nilai AD sebesar 0,308. Distribusi yang paling sesuai berdasarkan hasil pengujian selanjutnya untuk menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Penggunaan distribusi terpilih ini bertujuan untuk memastikan bahwa estimasi parameter keandalan dan waktu perbaikan mencerminkan karakteristik data aktual secara lebih representatif dan akurat.

3. Penentuan Parameter Distribusi Lognormal

Setelah distribusi Lognormal terpilih sebagai model terbaik, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter distribusi menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) melalui Minitab 19. Distribusi Lognormal memiliki dua parameter utama yakni parameter location (μ) dan parameter scale (s). Berikut hasil estimasi parameter:

$$\begin{aligned} \mu &= 0,95834 \\ s &= 0,53261 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TTF:} \\ \mu &= 5,89771 \\ s &= 0,37286 \end{aligned}$$

Nilai parameter yang telah diperoleh kemudian dijadikan acuan dalam menghitung *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR), sehingga estimasi keandalan dan waktu perbaikan dapat ditentukan berdasarkan karakteristik data yang telah dianalisis.

4. Mean Time to Repair dan Mean Time to Failure

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.

Diketahui:

$$\begin{aligned} t_{med} &= \exp^{\mu} \\ &= \exp^{0,95834} \\ &= 2,60736 \\ s &= 0,53261 \\ \text{MTTR} &= t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right) \\ &= 2,60736 \cdot \exp\left(\frac{0,53261^2}{2}\right) \\ &= 2,60736 \cdot \exp(0,14184) \\ &= 2,60736 \cdot 1,15239 \\ &= 3,00469 \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} t_{med} &= \exp^{\mu} \\ &= \exp^{5,89771} \\ &= 364,202 \\ s &= 0,37286 \\ \text{MTTF} &= t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right) \\ &= 364,202 \cdot \exp\left(\frac{0,37286^2}{2}\right) \\ &= 364,202 \cdot \exp(0,06951) \\ &= 364,202 \cdot 1,07199 \\ &= 390,420 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai Nilai MTTF sebesar 390,420 jam atau sekitar 56 hari kerja menunjukkan bahwa secara rata-rata komponen shaft mengalami kerusakan setiap 56 hari operasional. Nilai MTTR sebesar 3,00469 jam menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan hingga komponen kembali beroperasi normal.

5. Reliability

Setelah diperoleh parameter distribusi lognormal dan nilai MTTF, tahap selanjutnya yakni menghitung nilai reliability komponen. Berikut perhitungan reliability pada distribusi lognormal:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\theta} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,37286} \ln \frac{390,420}{364,202}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(0,18643)$$

$$R(t) = 1 - (0,57395)$$

$$R(t) = 0,42605 = 43\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa komponen masih mampu beroperasi dengan baik hingga waktu operasi 390 jam adalah sekitar 43% dengan kemungkinan terjadinya kegagalan mencapai 57%. Untuk meningkatkan nilai keandalan komponen pada penelitian ini, interval maintenance ditetapkan pada operasi waktu 300 jam dengan untuk melakukan maintenance sebelum peluang kegagalan meningkat dan menghasilkan nilai sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\theta} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,37286} \ln \frac{300}{364,202}\right)$$

$$R(t) = 1 - \Phi(-0,52011)$$

$$R(t) = 1 - (0,30149)$$

$$R(t) = 0,69851 = 70\%$$

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa penerapan interval maintenance yang lebih pendek mampu meningkatkan nilai reliability komponen secara signifikan. Nilai reliability meningkat dari 43% menjadi sekitar 70%, yang menunjukkan bahwa probabilitas komponen tetap beroperasi dengan baik menjadi lebih tinggi setelah dilakukan tindakan perawatan pada interval yang lebih optimal. Dengan demikian, penerapan strategi maintenance pada interval 300 jam operasi dapat mengurangi potensi kegagalan komponen serta meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan dalam mendukung kelancaran proses operasional.

6. Availability

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) sebesar 390,420 jam dan *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 3,00469 jam. Dengan menggunakan rumus availability:

$$\begin{aligned} A &= \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \\ &= \frac{390,420}{390,420 + 3,00469} \\ &= 0,99236 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai *availability* sebesar 0,99236 atau 99,24%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa komponen shaft memiliki tingkat kesiapan operasi yang sangat tinggi. Artinya, selama periode operasional, komponen berada dalam kondisi siap digunakan sebesar 99,24% dari total waktu, dengan downtime sekitar 0,76%. Persentase downtime yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi tidak terlalu sering dan waktu perbaikan yang dibutuhkan juga relatif singkat. Peningkatan *availability* juga dapat dilakukan melalui beberapa tindakan berikut:

1. Pelatihan teknisi secara berkala untuk meningkatkan kompetensi dalam diagnosis dan perbaikan sehingga waktu perbaikan lebih efisien.
2. Penetapan wear limit menentukan batas keausan shaft sebagai standar penggantian sebelum terjadi putus.
3. Perbaikan sistem pelumasan seperti standarisasi jenis pelumas, interval pelumasan, dan metode aplikasi untuk mengurangi laju keausan.

C. Analisa dan Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan nilai MTTF sebesar 390,420 jam (± 56 hari kerja), MTTR sebesar 3,00469 jam, dan *availability* sebesar 99,24%. Nilai *availability* yang tinggi menunjukkan bahwa komponen shaft memiliki tingkat kesiapan operasi yang sangat baik, sehingga waktu henti yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan total waktu operasional. Namun demikian, hasil analisis FMEA memperlihatkan adanya potensi risiko yang tetap perlu mendapat perhatian. Mode kegagalan berupa as putus memperoleh nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 270, yang termasuk dalam kategori risiko tinggi. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh keausan poros yang tidak teridentifikasi sejak

tahap awal, sehingga pada akhirnya dapat mengakibatkan terhentinya sistem travelling secara menyeluruh. Dengan demikian, tingkat risiko operasional tidak semata-mata ditentukan oleh besarnya downtime, tetapi juga oleh tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan. Permasalahan utama terletak pada metode pengendalian yang masih bertumpu pada inspeksi visual. Pendekatan pemeliharaan yang selama ini diterapkan belum sepenuhnya mampu menangkap gejala awal penurunan performa komponen. Akibatnya, proses keausan atau degradasi sering kali berlangsung tanpa teridentifikasi hingga akhirnya berujung pada kegagalan fungsi. Kondisi ini menunjukkan adanya celah dalam sistem pengendalian yang perlu diperbaiki.

D. Rekomendasi Perbaikan

Dalam hasil yang telah dibahas sebelumnya ditetapkan penerapan *Condition-Based Maintenance* (CBM) sebagai alternatif yang lebih relevan karena berfokus pada pemantauan kondisi real komponen secara rutin menggunakan indikator yang terukur, sehingga diharapkan gejala awal kerusakan dapat diketahui sejak awal sebelum gangguan kecil menjadi kegagalan yang lebih berat dan berpotensi mengganggu kinerja sistem produksi keseluruhan [20]. Dengan demikian, potensi kerusakan mendadak dapat diantisipasi lebih dini. Penerapan CBM diharapkan mampu menurunkan risiko kegagalan kritis sekaligus menjaga kestabilan kinerja sistem secara berkelanjutan. Adapun bentuk implementasi yang direkomendasikan meliputi:

1. Pemantauan getaran (*vibration analysis*) untuk mengidentifikasi indikasi misalignment, ketidakseimbangan (*unbalance*), maupun gejala keausan pada komponen.
2. Monitoring temperatur guna mendeteksi potensi *overheating* yang dapat disebabkan oleh gesekan berlebih atau sistem pelumasan yang kurang optimal.
3. Inspeksi suara serta kondisi fisik komponen sebagai upaya mendeteksi tanda-tanda awal kerusakan yang tidak selalu terlihat secara langsung.

Melalui penerapan CBM, frekuensi *breakdown maintenance* dapat ditekan dan umur pakai komponen dapat dimanfaatkan secara lebih optimal. Oleh karena itu, meskipun tingkat *availability* saat ini sudah tergolong sangat tinggi, implementasi *Condition-Based Maintenance* tetap menjadi langkah strategis untuk meningkatkan keandalan sistem dalam jangka panjang serta meminimalkan potensi kegagalan kritis di masa mendatang.

VII. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II pada komponen shaft menghasilkan nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sebesar 390,420 jam, *Mean Time To Repair* (MTTR) sebesar 3,00469 jam, serta nilai *availability* sebesar 99,24%, yang mencerminkan tingkat kesiapan operasi komponen yang sangat tinggi. Namun demikian, hasil analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) menunjukkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 270 pada mode kegagalan as putus, yang mengindikasikan adanya risiko operasional yang cukup signifikan akibat konsekuensi kegagalan yang bersifat kritis terhadap proses produksi. Oleh karena itu, meskipun nilai *availability* tergolong sangat baik, diperlukan penerapan strategi perawatan yang lebih proaktif. Berdasarkan analisis *reliability*, diketahui bahwa penerapan interval *maintenance* yang lebih pendek mampu meningkatkan nilai *reliability* komponen secara signifikan, yaitu dari sekitar 43% pada kondisi *existing* menjadi sekitar 70% setelah dilakukan tindakan perawatan pada interval 300 jam operasi. Peningkatan sebesar 27% tersebut menunjukkan bahwa probabilitas komponen untuk tetap beroperasi dengan baik menjadi lebih tinggi setelah dilakukan perawatan pada interval yang lebih optimal. Dengan demikian, penerapan *Condition-Based Maintenance* melalui pemantauan parameter kondisi seperti getaran, temperatur, serta inspeksi kondisi fisik komponen direkomendasikan dalam kerangka RCM II. Strategi ini diharapkan mampu meningkatkan *reliability* sistem secara berkelanjutan, mempertahankan *availability* pada tingkat optimal, serta meminimalkan potensi gangguan operasional di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak perusahaan atas izin dan ketersediaan data yang digunakan dalam penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan masukan yang diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Selain itu, terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

REFERENSI

- [1] A. R. Hidayat, "Analisa Waktu Optimasi Perawatan Mesin CNC Milling dengan Pendekatan Value Stream Mapping Serta Perbaikan dengan Failur Mode and Effect Analysis pada Mesin CNC Milling," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 3, hal. 345, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i3.4099.

- [2] M. Asbari dan N. Mintari, “Analisis Perencanaan Kebutuhan Sparepart dalam Mendukung Sistem Manajemen Operasi Mesin Produksi: Systematic Literature Review,” *J. Ilmu Sos. Manajemen, Akunt. dan Bisnis*, vol. 1, no. 2, hal. 66–73, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.ayasophia.org/index.php/jismab/article/view/136>
- [3] N. Rahmawati dan M. H. Hakim, “Analisis Bahaya dan Upaya Pencegahan Keadaan Nearmiss Pesawat Angkat-Angkut Hoist pada Area Warehouse di PT. XYZ,” *J. Manuf. Ind. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 2, hal. 10–19, 2022, doi: 10.30651/mine-tech.v1i2.16789.
- [4] R. Hermawan, D. Supriyatna, dan E. Susilo, “The Importance of Preventive Maintenance on Cnc Laser Cutting Machines: Maintaining Quality Consistency and Avoiding Unexpected Damage,” *Futur. Educ. J.*, vol. 4, no. 4, hal. Page, 2025, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.tofedu.or.id/index.php/journal/index>
- [5] I. I. Siagian, P. J. Ginting, dan A. C. Sembiring, “Analisis Perawatan Mesin Kritis Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pabrik Kelapa Sawit,” *J. Ilm. Tek. Ind. Prima (JURITI PRIMA)*, vol. 7, no. 2, 2024, doi: 10.34012/juritiprima.v7i2.5554.
- [6] N. F. Quratuláini, M. Darul, dan H. Natsir, “Penilaian Risiko Kegagalan Gantry Crane Menggunakan Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram,” *J. Safety, Heal. Environ. Eng.*, vol. 3, no. 1, hal. 33–40, 2025, doi: 10.35991/jshee.v3i1.56.
- [7] Mickhael Apriliano Lie, “Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Metode OEE pada Industri Makanan: Studi Kasus di PT ‘Y,’” *J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, hal. 1–9, 2025, doi: 10.47134/jme.v2i1.3966.
- [8] W. Nugroho dan T. Sukmono, “Implementation of Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii in Packaging Industry Production Machinery Maintenance Activities,” *J. Technol. Sci.*, vol. 1, no. 1, hal. 51–68, 2024, doi: 10.61796/ipteks.v1i1.91.
- [9] R. O. M. Andri Herlambanga, Syahputra Amrib, Nita Marikenac, “Sosialisasi Penjadwalan Perawatan Mesin Produksi Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM),” hal. 66–75, 2025.
- [10] B. Sumantri, A. Y. Ismail, dan S. Syamsuri, “Analisis Mitigasi Risiko Kegagalan Operasional Peralatan Melalui Pendekatan RCM Dan MVSM Dengan Perspektif FMECA,” *Nusant. Eng.*, vol. 8, no. 01, hal. 65–74, 2025, doi: 10.29407/noe.v8i01.24385.
- [11] 2 Akbar Ramadhani Sambadal), Tedjo Sukmono*, “Analysis Operational Reliability Of Concrete Pump Using FMEA And FTA Methods [Analisa Reliabilitas Operasional Concrete Pump Menggunakan,” hal. 1–11, 2024.
- [12] J. H. Saputra, H. Bashori, K. Kunci, : Perawatan, dan R. Ii, “Analisa Perawatan Mesin Protos 1-8 Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Ii (Rcm Ii) Di Pt. Xyz,” *J. Mech. Manuf. Technol.*, vol. 5, no. 2, hal. 48–60, 2024.
- [13] Muhammad Ihsan Aprilianto, Ikhsan Romli, dan Hendi Herlambang, “Perencanaan Pemeliharaan Mesin Injection Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Produksi Komponen Karet Otomotif,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. 3, hal. 875–881, 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i3.1063.
- [14] R. M. Simanungkalit, S. Suliawati, dan T. Hernawati, “Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan,” *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 1, hal. 72–83, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i1.199.
- [15] I. Faris Rudiana, L. Yulia, dan E. Nursolih, “ANALISIS PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN METODE RCM (Reliability Centered Maintenance) PADA PT. SURYA AGROLIKA REKSA,” *J. Ind. Galuh*, vol. 6, no. 2, hal. 65–74, 2024.
- [16] A. C. Amin, I. Apriliana, dan S. Wulandari, “Optimization of City Transport Maintenance and Reliability Centered Maintenance (RCM) Methods Optimasi Perawatan Angkutan Kota dengan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM),” hal. 1–9.
- [17] M.-H. Charles E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. 1997.
- [18] E. A. Octavia dan R. Rusindiyanto, “Preventive Maintenance Planning Using Age Replacement Method for Head Router Machines,” *Acad. Open*, vol. 10, no. 2, hal. 1–12, 2025, doi: 10.21070/acopen.10.2025.12012.
- [19] I. Ramadhan dan W. Widiasih, “Analisis Penggantian dan Perawatan pada Papermachine Bagian Wire dan Dryer Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance dan Age replacement Pada PT. X,” *J. Tekst. J. Keilmuan dan Apl. Bid. Tekst. dan Manaj. Ind.*, vol. 6, no. 1, hal. 1–14, 2023, doi: 10.59432/jute.v6i1.60.
- [20] R. K. Ilimi, Y. Sukrawan, T. Permana, J. Setiabudhi, dan N. Bandung, “CONDITION BASED MONITORING IMPROVES COMPONENT DURABILITY IN HEAVY EQUIPMENT MAINTENANCE,” vol. 2, no. 1, 2024.

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.