

Penerapan Reliability Centered Maintenance untuk Pemeliharaan Mesin Crane di PT Pelindo

Levi Silaban ¹, Jusra Tampubolon ²

Teknik Industri, Fak. Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia

levisilaban00@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) dalam pemeliharaan mesin crane di PT Pelindo. Mesin crane memiliki peran vital dalam proses bongkar muat barang di pelabuhan, sehingga keandalan operasionalnya sangat menentukan kelancaran aktivitas logistik. Pendekatan RCM digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen kritis berdasarkan potensi kegagalan, dampaknya terhadap operasi, dan efektivitas tindakan pemeliharaan. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan kuesioner, serta dianalisis menggunakan metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA), Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), dan Availability. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen seperti contactor, carbon collector, dan motor hoist/gearbox memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, menandakan perlunya prioritas dalam pemeliharaan. Nilai MTBF sebesar 317,687 jam menunjukkan tingkat keandalan mesin yang cukup baik, sedangkan MTTR sebesar 3,25 jam menunjukkan efisiensi proses perbaikan. Implementasi RCM terbukti mampu meningkatkan keandalan, mengurangi downtime, dan menekan biaya pemeliharaan. Penelitian ini merekomendasikan peningkatan pemeliharaan preventif dan prediktif, serta pelatihan teknisi dalam mendeteksi dan menangani kerusakan secara efisien.

Kata kunci: Reliability Centered Maintenance, crane, pemeliharaan, FMEA, MTBF, MTTR

Abstrak

This study aims to analyze the implementation of Reliability Centered Maintenance (RCM) in the maintenance of crane machines at PT Pelindo. Cranes play a vital role in port loading and unloading activities, making operational reliability essential for smooth logistics operations. The RCM approach is used to identify critical components based on potential failures, their impact on operations, and the effectiveness of maintenance actions. Data were collected through observation, interviews, documentation, and questionnaires, and analyzed using Failure Mode Effect Analysis (FMEA), Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), and Availability. The results indicate that components such as the contactor, carbon collector, and motor hoist/gearbox have the highest Risk Priority Number (RPN), requiring prioritized maintenance. The MTBF value of 317.687 hours reflects a relatively high level of machine reliability, while the MTTR of 3.25 hours demonstrates repair efficiency. The implementation of RCM has proven effective in improving reliability, reducing downtime, and minimizing maintenance costs. The study recommends enhancing preventive and predictive maintenance, as well as training technicians to efficiently detect and manage failures.

Keywords: Reliability Centered Maintenance, crane, maintenance, FMEA, MTBF, MTTR

1. PENDAHULUAN

Dalam era industri modern, keandalan peralatan menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan operasional perusahaan, khususnya dalam sektor logistik dan pelabuhan. Efisiensi dan efektivitas sistem pemeliharaan sangat berpengaruh terhadap kontinuitas proses bisnis, terutama bagi perusahaan yang mengandalkan mesin-mesin berat seperti crane dalam operasionalnya. Mesin crane memiliki peran strategis dalam proses bongkar muat barang di pelabuhan, yang apabila mengalami kerusakan atau gangguan operasional, dapat menyebabkan keterlambatan layanan dan kerugian ekonomi yang signifikan (Yuniarto & Supriyanto, 2020).

Dalam konteks ini, sistem pemeliharaan yang hanya bersifat reaktif atau berdasarkan jadwal (*time-based maintenance*) seringkali tidak cukup untuk menjawab tantangan peningkatan ketersediaan dan keandalan peralatan. Oleh karena itu, pendekatan pemeliharaan yang lebih sistematis dan berbasis risiko seperti *Reliability Centered Maintenance (RCM)* menjadi relevan untuk diterapkan (Moubray, 2016; Sutrisno et al., 2021). RCM adalah metode analisis yang bertujuan untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan peralatan secara sistematis, berdasarkan fungsi, konsekuensi kegagalan, dan prioritas risiko (Ahmad et al., 2018). Pendekatan ini tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis, tetapi juga aspek ekonomi dan keselamatan kerja.

Oleh karena itu, strategi pemeliharaan yang tepat sangat dibutuhkan untuk menjamin keandalan dan ketersediaan alat berat tersebut. Namun, sistem pemeliharaan konvensional yang bersifat *corrective* atau *time-based* sering kali tidak mampu secara efektif mencegah terjadinya kerusakan tak terduga dan biaya perawatan yang tinggi (Yuniarto & Supriyanto, 2020). Sebagai solusi, pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* hadir sebagai metode yang lebih sistematis, proaktif, dan berbasis risiko. RCM bertujuan untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan yang paling efektif dengan menganalisis fungsi peralatan, mode kegagalan, dan dampak dari setiap kegagalan tersebut (Ahmad et al., 2018).

Implementasi RCM pada mesin crane di PT Pelindo dinilai penting untuk memastikan kesiapan operasional secara optimal. Namun, penerapan metode ini memerlukan analisis mendalam terhadap kondisi aktual di lapangan, serta evaluasi terhadap efektivitas program pemeliharaan yang sudah berjalan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji implementasi RCM dalam pemeliharaan mesin crane di lingkungan PT Pelindo.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian deskriptif bertujuan untuk menggambarkan suatu fenomena atau kejadian yang terjadi pada objek yang diteliti secara sistematis, faktual, dan akurat. Dalam penelitian ini, tujuan utamanya adalah untuk menggambarkan penerapan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dalam pemeliharaan mesin crane di PT Pelindo. Penelitian deskriptif ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis atau membandingkan variabel, melainkan untuk menggali dan menjelaskan berbagai aspek yang terkait dengan RCM, seperti proses implementasi, efektivitas, serta dampak terhadap downtime, biaya pemeliharaan, dan keandalan mesin.

2.2. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability-Centered Maintenance (RCM) adalah pendekatan sistematis yang digunakan untuk menentukan strategi pemeliharaan yang paling efektif bagi aset atau mesin. RCM bertujuan untuk meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi biaya pemeliharaan dengan fokus pada komponen-komponen yang memiliki potensi kegagalan

tinggi. RCM juga mengidentifikasi berbagai mode kegagalan dan dampaknya terhadap operasi, serta menentukan tindakan pemeliharaan yang tepat untuk masing-masing mode kegagalan tersebut. RCM diterapkan dalam berbagai sektor, seperti manufaktur, energi, dan pelabuhan. Pendekatan ini memberikan keuntungan berupa pengurangan downtime, peningkatan umur mesin, dan pengurangan biaya operasional.

2.3. Data Akumulasi Frekuensi Kerusakan Komponen

Setiap komponen memiliki jumlah kerusakan yang berbeda-beda, dengan frekuensi kerusakan terbesar terjadi pada komponen roda, yang tercatat sebanyak 16 kali kerusakan. Komponen motor hoist/gearbox dan lampu rotary mengikuti dengan jumlah kerusakan masing-masing sebanyak 15 dan 14 kali. Secara keseluruhan, 78 insiden kerusakan tercatat dari berbagai komponen.

Dengan rincian persentase pada setiap komponen, pengumpulan data ini bertujuan untuk memberikan gambaran jelas tentang komponen mana yang paling sering mengalami kerusakan, yang dapat dijadikan acuan untuk perencanaan pemeliharaan yang lebih baik dan lebih efisien. Dengan pemahaman ini, analisis lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab utama kerusakan serta cara-cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi downtime akibat kerusakan tersebut.

Tabel 1. Data Akumulasi Frekuensi Kerusakan Komponen

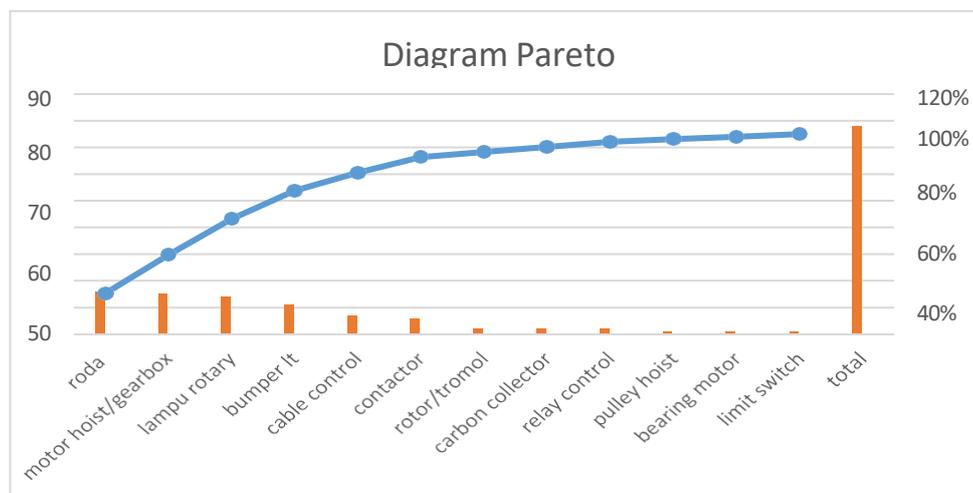
No	Komponen	Frekuensi kerusakan	Akumulasi frekuensi	persentase dari total	akumulasi frekuensi
1	Roda	16	16	21%	21%
2	motor hoist/ gearbox	15	31	19%	40%
3	lampu rotary	14	45	18%	58%
4	bumper lt	11	56	14%	72%
5	cable control	7	63	9%	81%
6	contactor	6	69	8%	89%
7	rotor/tromol	2	71	3%	91%
8	carbon collector	2	73	3%	94%

9	relay control	2	75	3%	96%
10	pulley hoist	1	76	1%	98%
11	bearing motor	1	77	1%	99%
12	limit switch	1	78	1%	100%
	total	78	774	100%	

2.4. Diagram Pareto

Berdasarkan diagram pareto, diperoleh informasi mengenai nilai komponen overhead crane yang mengalami kerusakan parah, mulai dari yang memiliki frekuensi tertinggi hingga yang mengalami kerusakan paling sedikit.

Gambar 1. Diagram Pareto Nilai Komponen Overhead Crane



2.5. Data Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

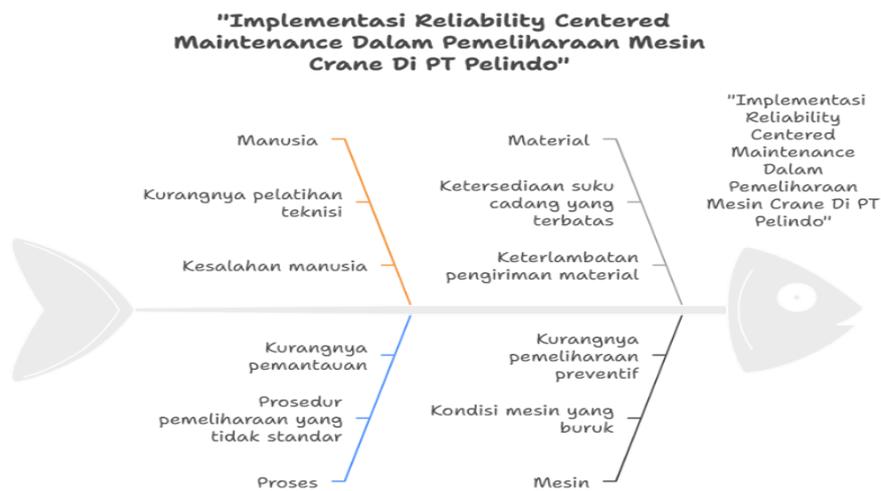
Pada komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu contactor, carbon collector, dan motor hoist, nilai severity, occurrence, dan detection terukur. Karena nilai tersebut sangat tinggi, mesin overhead crane dapat mengalami kerusakan parah dan faktor kegagalan produksi jika tidak mendapat perawatan yang diutamakan.

Tabel 2. Data Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

No	Komponen	Potensial Failure Mode	Severity	Occurance	Detection	RPN
1	Roda	Lambat bekerja	5	9	3	135

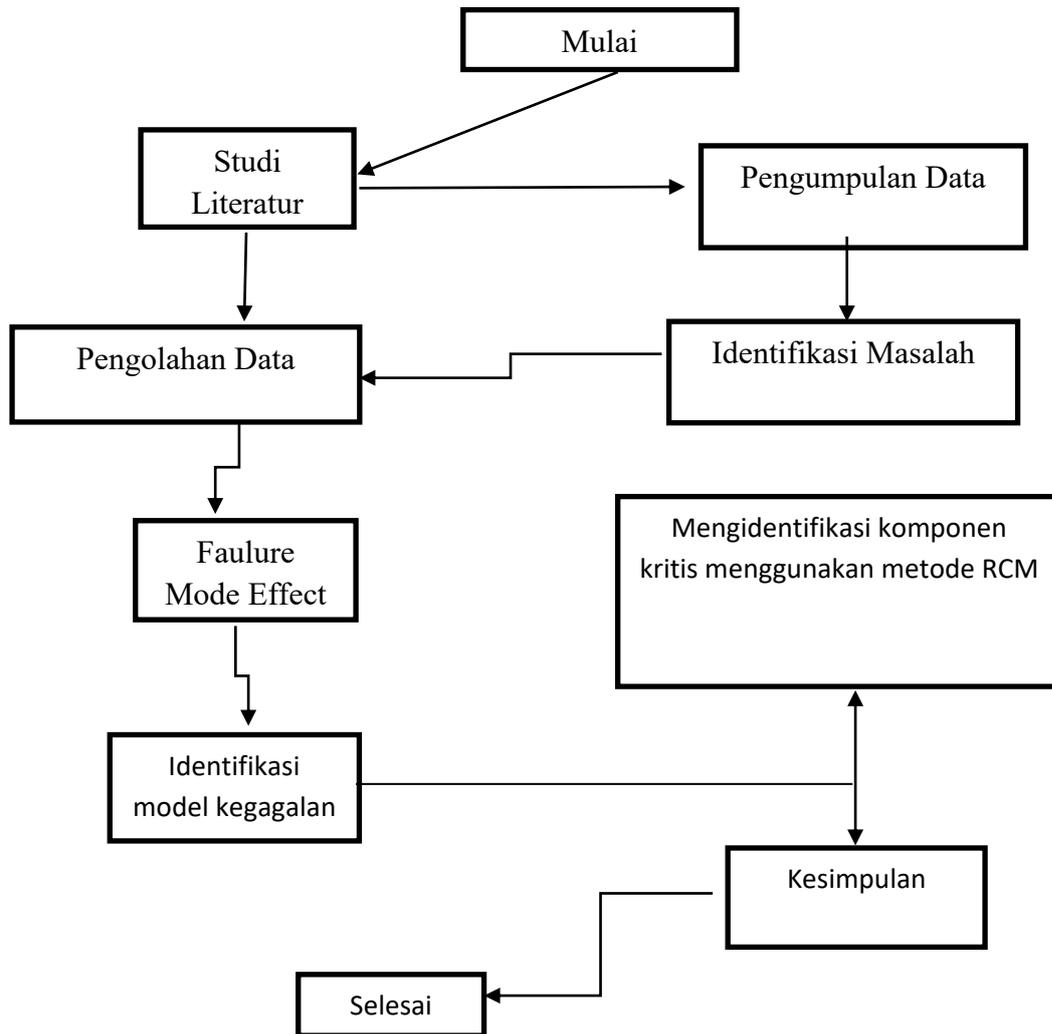
2	Motor hoist/gear box	OHC tidak bekerja secara vertikal	7	9	3	189
3	Bumper lt	Terjadi bunyi benturan	3	7	6	126
4	Lampu rotary	Lampu mati	2	9	6	108
5	Contactora	Korsleting listrik	10	8	4	320
6	Relay control	Tidak bisa bergerak	4	5	6	120
7	Rotor/tromol	Sulit di berhentikan	5	4	5	100
8	Carbon collector	Arus kelistrikan berhenti	9	5	5	225
9	Cablle control	Remote tidak bergerak	6	3	6	108
10	Pulley hoist	Tidak bisa menggantung	9	3	7	189
11	Bearing motor	Tidak bergerak	7	3	5	105
12	Limit switch	Tidak bisa bergerak vertikal	6	2	8	96

2.6. Fishbone



Gambar 2. Diagram Fishbone Implementasi Reliability Maintenance

2.7. Flowchart Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Implementasi Reliabilty Maintenance

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data terkait pemeliharaan dan kerusakan komponen mesin crane di PT Pelindo. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi, serta pencatatan historis pemeliharaan mesin. Hasil pengumpulan data menunjukkan bahwa terdapat 78 insiden kerusakan selama periode penelitian. Komponen dengan frekuensi kerusakan tertinggi antara lain:

- **Roda:** 16 kali (21%)
- **Motor Hoist/Gearbox:** 15 kali (19%)
- **Lampu Rotary:** 14 kali (18%)
- **Bumper LT:** 11 kali (14%)

Komponen lainnya memiliki frekuensi kerusakan lebih rendah, seperti Pulley Hoist, Bearing Motor, dan Limit Switch, masing-masing hanya mengalami 1 kali kerusakan. Data

ini menunjukkan bahwa sebagian besar gangguan operasional disebabkan oleh sedikit komponen yang bermasalah secara berulang.

3.2. Analisis Diagram Pareto dan FMEA

Setelah dilakukan pengumpulan data kerusakan pada komponen-komponen mesin crane, analisis selanjutnya dilakukan menggunakan pendekatan Diagram Pareto dan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Tujuan dari penggunaan dua metode ini adalah untuk mengidentifikasi komponen mana yang paling berkontribusi terhadap total kerusakan dan untuk mengevaluasi seberapa besar risiko yang ditimbulkan oleh kegagalan masing-masing komponen. Diagram Pareto digunakan untuk memvisualisasikan bahwa sebagian besar kerusakan disebabkan oleh sebagian kecil dari total komponen. Prinsip 80/20 Pareto menjadi acuan, di mana sekitar 80% dampak berasal dari 20% penyebab. Dalam konteks ini, ditemukan bahwa komponen seperti roda, motor hoist atau gearbox, dan lampu rotary merupakan penyumbang utama terhadap total insiden kerusakan.

Artinya, pemeliharaan terhadap komponen-komponen ini harus diprioritaskan karena mereka memiliki frekuensi kerusakan tertinggi dibandingkan komponen lainnya. Selanjutnya, analisis FMEA dilakukan untuk memberikan penilaian lebih mendalam terhadap setiap mode kegagalan yang terjadi pada masing-masing komponen. Dalam metode ini, tiga parameter utama digunakan, yaitu tingkat keparahan akibat kegagalan (severity), frekuensi terjadinya kegagalan (occurrence), dan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan tersebut (detection). Ketiga nilai tersebut kemudian dikalikan untuk menghasilkan angka yang disebut dengan Risk Priority Number (RPN), yang menunjukkan tingkat risiko relatif dari masing-masing potensi kegagalan.

Hasil dari FMEA menunjukkan bahwa komponen dengan nilai RPN tertinggi adalah contactor, yang memiliki nilai risiko paling besar karena apabila terjadi kegagalan, seperti korsleting listrik, maka akan berdampak serius pada sistem kelistrikan crane secara keseluruhan. Selain itu, carbon collector juga tercatat memiliki nilai RPN yang tinggi karena fungsinya yang krusial dalam menjaga kontinuitas aliran listrik pada mesin. Disusul oleh motor hoist atau gearbox, yang jika mengalami kegagalan akan menghambat pergerakan vertikal crane dan secara langsung mengganggu proses bongkar muat di pelabuhan. Beberapa komponen lain seperti bumper, lampu rotary, dan pulley hoist juga menunjukkan nilai RPN yang cukup signifikan, walaupun tidak setinggi tiga komponen sebelumnya. Meskipun beberapa komponen tersebut terlihat sederhana, dampaknya terhadap operasional secara keseluruhan cukup besar apabila tidak dilakukan perawatan yang tepat. Melalui kombinasi analisis Pareto dan FMEA, dapat disimpulkan bahwa strategi pemeliharaan harus difokuskan terlebih dahulu pada komponen-komponen dengan frekuensi kerusakan tinggi dan nilai risiko tinggi. Dengan cara ini, perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya pemeliharaan secara lebih efektif dan efisien, serta mengurangi kemungkinan downtime secara signifikan.

3.3. Evaluasi Keandalan Mesin

a. Mean Time Between Failures (MTBF)

Merupakan rata-rata waktu antar dua kerusakan.

- Total waktu operasional: 20.332 jam
- Jumlah kerusakan: 64 kali
- $MTBF = 20.332 / 64 = 317,687$ jam

Artinya, rata-rata waktu operasional mesin crane sebelum terjadi kerusakan adalah 317 jam, menunjukkan kinerja mesin cukup baik.

b. Mean Time To Repair (MTTR)

Merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan.

- Total waktu perbaikan: 208 jam
- Jumlah kerusakan: 64 kali
- $MTTR = 208 / 64 = 3,25$ jam

Waktu perbaikan relatif singkat, menunjukkan efisiensi teknisi dalam menangani kerusakan.

3.4. Analisis Availability Mesin

Availability menunjukkan seberapa besar waktu mesin berada dalam kondisi operasional dibandingkan dengan total waktu (operasi + perbaikan). Berikut nilai availability beberapa komponen utama:

Tabel 3. Data Analisis Availability Mesin

Komponen	Downtime (jam)	MTTR	MTTF	Availability
Contactor	24	4	3388,66	5
Motor Hoist/Gearbox	33	2,2	1355,46	3,2
Roda	52	3,25	1270,75	4,25
Carbon Collector	3	1,5	10166	2,5
Limit Switch	1	1	20332	2

Availability tinggi pada Contactor menunjukkan bahwa meskipun sering diperbaiki, komponen ini cepat kembali beroperasi. Komponen dengan availability rendah seperti Limit Switch jarang mengalami kerusakan namun tetap harus dimonitor secara berkala

3.5. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan RCM secara efektif dapat:

1. Mengidentifikasi Komponen Kritis

RCM dan FMEA berhasil mengungkap bahwa beberapa komponen bertanggung jawab atas mayoritas downtime mesin. Dengan fokus pemeliharaan pada komponen ini, efisiensi meningkat.

2. Meningkatkan Keandalan

Nilai MTBF yang relatif tinggi dan MTTR yang rendah menunjukkan bahwa keandalan mesin crane tergolong baik dan dapat ditingkatkan lagi dengan penguatan strategi preventif.

3. Menurunkan Downtime

Dengan menggunakan data historis dan analisis risiko, perusahaan dapat memprioritaskan pemeliharaan pada titik rawan sebelum terjadi kegagalan fatal.

4. Mendukung Efisiensi Operasional

Nilai Availability yang tinggi pada komponen kunci membuktikan bahwa strategi pemeliharaan berbasis risiko mendukung kelangsungan operasional pelabuhan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) dalam pemeliharaan mesin crane di PT Pelindo, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Implementasi RCM Berhasil Meningkatkan Keandalan Mesin: Penerapan metode RCM di PT Pelindo terbukti efektif dalam mengidentifikasi komponen-komponen kritis mesin crane yang sering mengalami kerusakan. Fokus pemeliharaan pada komponen dengan frekuensi kerusakan tinggi, seperti roda, motor hoist/gearbox, dan lampu rotary, membantu meningkatkan keandalan mesin crane dan mengurangi downtime yang signifikan.
2. Prioritas pada Komponen Kritis: Berdasarkan analisis Failure Mode Effect Analysis (FMEA), komponen dengan Risk Priority Number (RPN) tertinggi, seperti contactor, carbon collector, dan motor hoist/gearbox, memerlukan perhatian lebih besar untuk mencegah kegagalan yang lebih serius. Hal ini menunjukkan bahwa pemeliharaan berbasis risiko dengan mengutamakan komponen-komponen ini dapat mengurangi kemungkinan kerusakan besar yang berdampak pada operasional.
3. Keandalan Mesin (MTBF): Mesin crane di PT Pelindo memiliki waktu operasional yang baik dengan nilai Mean Time Between Failures (MTBF) mencapai 317,687 jam. Ini menunjukkan bahwa mesin crane dapat beroperasi cukup lama sebelum terjadi kerusakan, namun tetap memerlukan pemeliharaan preventif yang lebih terjadwal.
4. Perbaikan Efisien dengan MTTR Rendah: Nilai Mean Time To Repair (MTTR) yang relatif rendah, yaitu 3,25 jam, menunjukkan bahwa perbaikan mesin dapat dilakukan dengan cepat, yang berkontribusi pada pengurangan downtime dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.
5. Availability Komponen: Analisis availability menunjukkan bahwa komponen seperti contactor memiliki availability yang tinggi, menandakan bahwa komponen tersebut sering mengalami kerusakan dan memerlukan pemeliharaan lebih sering. Sebaliknya, komponen dengan availability rendah, seperti rotor dan limit switch, meskipun jarang mengalami kerusakan, tetap perlu diperiksa secara berkala untuk mencegah kerusakan tak terduga.

5. REFERENSI

- [1]. Ahmad, M., Nugroho, A., & Santoso, R. (2018). *Reliability Centered Maintenance (RCM): Strategi Optimalisasi Pemeliharaan Mesin Industri*. Yogyakarta: Deepublish.
- [2]. Al-Najjar, B., & Abolhasani, M. (2018). The Impact of Reliability-Centered Maintenance on Maintenance Strategies. *International Journal of Industrial Engineering*, 25(3), 145–157.
- [3]. Assauri, S. (1993). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- [4]. Ehud Manipaz. (1985). *Maintenance Management for Engineers*. London: Butterworth-Heinemann.
- [5]. Finkelstein, M., & Gopalakrishnan, M. (2015). Optimal Maintenance Strategy Using RCM in Complex Systems. *Reliability Engineering Journal*, 32(4), 341–350.
- [6]. Jackson, A., Sari, M., & Yulianto, A. (2018). The Role of RCM in Enhancing Operational Efficiency of Heavy Equipment. *Journal of Maintenance and Asset Management*, 6(2), 121–134.
- [7]. Khaksar, H., & Shahrabi, J. (2020). Maintenance Strategy Optimization Using RCM in Mining Industry. *International Journal of Mining Technology*, 29(1), 33–42.
- [8]. Kumar, R., & Sahu, M. (2019). Application of RCM in Port Crane Maintenance: A Case Study. *Journal of Port Management*, 14(2), 66–75.

- [9]. Yazdani, B., Hosseini, M., & Karimi, A. (2020). Reliability-Centered Maintenance Approach for Power Plants. *International Journal of Energy and Power Engineering*, 14(2), 115–124.
- [10]. Zhang, Y., Wei, L., & Lin, J. (2020). Enhancing the Maintenance System of Port Cranes Using RCM. *Port Engineering Review*, 11(3), 211–229.