

Preventive Maintenance and Repair Strategy for Diesel Forklift Hydraulic Systems and Engines Using FMEA and RCM Methods **[Strategi Perawatan Preventif dan Perbaikan Kerusakan Sistem Hidrolik Serta Mesin pada Forklift Diesel menggunakan metode FMEA dan metode RCM]**

M.Hilman Hadafi 1), Indah Apriliana Sari W.,2)

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

2) Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
 Indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. PT. XYZ is a company that provides rental and repair services for diesel forklifts. In its operations, the company faces issues regarding the high frequency of breakdowns in hydraulic systems and engines. This situation leads to downtime and negatively impacts operational time effectiveness. This study aims to identify components with high failure risk levels and determine appropriate maintenance strategies by applying the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Reliability-Centered Maintenance (RCM) methods. Research data were obtained through field observations, interviews, documentation, and historical breakdown records of the diesel forklifts. Subsequently, the FMEA method was used to identify failure modes and determine risk priority levels based on Risk Priority Number (RPN) values, while the RCM method was used to determine maintenance actions suited to the failure characteristics of each component. The study recorded 18 breakdown incidents with a total downtime of 84 hours. The five components with the highest risk levels were the hydraulic pump (RPN 288), hydraulic cylinder seal (224), injector (192), hydraulic hose (160), and hydraulic filter (140). Based on the RCM analysis, recommended maintenance actions include Scheduled Restoration Tasks, Scheduled Discard Tasks, and Scheduled On-Condition Tasks. These strategies were tailored to the specific conditions and characteristics of each component. The implementation of FMEA and RCM is expected to help the company reduce breakdown frequency and downtime, improve diesel forklift reliability, and support more effective maintenance cost control. **Keywords** - Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Reliability Centered Maintenance (RCM), forklift diesel, preventive maintenance, Risk Priority Number (RPN).

Abstrak. PT. XYZ merupakan perusahaan yang menyediakan jasa penyewaan serta perbaikan forklift diesel. Dalam kegiatan operasionalnya, perusahaan menghadapi permasalahan berupa tingginya frekuensi kerusakan pada sistem hidrolik dan mesin. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya *downtime* dan berdampak pada berkurangnya efektivitas waktu operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang memiliki tingkat risiko kerusakan tinggi serta menentukan strategi perawatan yang sesuai melalui penerapan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Data penelitian diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, dan data riwayat kerusakan forklift diesel. Selanjutnya, metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan menentukan tingkat prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sedangkan metode RCM digunakan untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai dengan karakteristik kegagalan setiap komponen. Hasil penelitian mencatat sebanyak 18 kejadian kerusakan dengan total *downtime* mencapai 84 jam. Lima komponen dengan tingkat risiko tertinggi meliputi pompa hidrolik dengan nilai RPN 288, *seal* silinder hidrolik sebesar 224, injektor sebesar 192, selang hidrolik sebesar 160, dan filter hidrolik sebesar 140. Berdasarkan analisis RCM, tindakan perawatan yang direkomendasikan mencakup *Scheduled Restoration Task*, *Scheduled Discard Task*, dan *Scheduled On Condition Task*. Strategi tersebut disesuaikan dengan kondisi dan karakteristik masing-masing komponen. Penerapan FMEA dan RCM diharapkan dapat membantu perusahaan menurunkan frekuensi kerusakan, mengurangi *downtime*, meningkatkan keandalan forklift diesel, serta mendukung pengendalian biaya pemeliharaan secara lebih efektif. **Kata Kunci** - *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Reliability Centered Maintenance* (RCM), forklift diesel, preventive maintenance, Risk Priority Number (RPN).

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ perusahaan yang bergerak di bidang rental dan perbaikan alat berat yang didirikan pada tahun 2012. Perusahaan ini menyediakan layanan penyewaan alat berat seperti forklift, truck, dan crane buat mendukung kegiatan industri dan konstruksi. Layanan penyewaan alat berat yang dipergunakan untuk banyak sekali pekerjaan seperti erection, setting dan unsetting, fabrikasi, pembangunan jalan tol, serta konstruksi pabrik. dalam mendukung

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

kelancaran operasional alat berat, seni manajemen perawatan dan pencegahan kerusakan memiliki peranan krusial terhadap keandalan alat angkut, khususnya pada sistem hidrolik serta mesin forklift diesel. Oleh karena itu, perusahaan melakukan kegiatan preventive maintenance secara terjadwal agar kondisi forklift tetap optimal dan mampu mendukung aktivitas operasional perusahaan secara berkelanjutan. forklift adalah sebuah metode pemeliharaan yang menggunakan data terkait dengan keandalan suatu komponen, agar dapat memperoleh strategi perawatan yang efektif, efisien, dan mudah untuk dilakukan[1]. Forklift merupakan salah satu peralatan yang digunakan untuk memindahkan dan mengangkat barang dalam kegiatan operasional. Pada saat digunakan, operator mengarahkan garpu menuju posisi barang, kemudian mengangkatnya menggunakan sistem hidrolik sesuai dengan ketinggian yang dibutuhkan. Penggunaan forklift secara terus-menerus dapat menyebabkan kondisi komponen mengalami penurunan dan meningkatkan kemungkinan terjadinya kerusakan. Berdasarkan data perusahaan, pada tahun 2021 tercatat sebanyak 12 kejadian kerusakan forklift. Jumlah tersebut meningkat pada tahun 2022 menjadi 18 kejadian kerusakan. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa kondisi forklift perlu mendapat perhatian, khususnya dalam kegiatan pemeliharaan. Kerusakan yang terjadi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kurangnya kedisiplinan operator dalam mengoperasikan forklift dan intensitas penggunaan alat yang tinggi. Pengoperasian dalam waktu yang lama tanpa disertai pemeliharaan yang sesuai dapat mempercepat kerusakan komponen sehingga forklift mengalami gangguan sebelum mencapai umur penggunaan yang diharapkan. Kondisi tersebut dapat menghambat aktivitas operasional dan menimbulkan waktu berhenti atau breakdown. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan maintenance yang dilakukan secara berkala untuk menjaga kondisi forklift. Selain itu, perusahaan perlu menentukan strategi pemeliharaan berdasarkan tingkat risiko dan kondisi komponen agar dapat diketahui bagian yang harus memperoleh prioritas perawatan. Penerapan strategi tersebut diharapkan dapat mengurangi kemungkinan breakdown, menekan waktu berhenti operasi, serta menjaga forklift agar tetap dapat bekerja secara optimal.[2].

Downtime faktor umum terbesar yang mempengaruhi secara signifikan terhadap produktivitas peralatan dan performansi perusahaan. Ada beberapa faktor yang menyebabkan tingginya downtime yaitu faktor manusia, strategi yang diterapkan oleh perusahaan, proyek, lokasi, peralatan atau mesin serta kebijakan manajemen. Jumlah kerusakan serta durasi downtime mesin, maka semakin tinggi kerugian bagi Perusahaan[3]. Analisis mode dan efek kegagalan atau FMEA merupakan metode rekayasa yang sering digunakan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan kegagalan, masalah, kesalahan dan sebagainya dari sistem, desain, proses, asal usul teknik FMEA dimulai pada awal 1960-an, pertama kali dikembangkan oleh industri kedirgantaraan dengan keandalan persyaratan dan keamanan yang jelas[4]. Peneliti terdahulu Reza Ardiyansah[5]. Menggunakan metode FMEA untuk upaya perawatan peralatan bengkel alat berat PT. BMI. Lifa Sri Prasatiwati[6], menggunakan metode FMEA untuk Analisis Risiko Operasional Gudang Penimbunan Sementara di PT Krakatau Bandar Samudera. Rustanto [7], menggunakan metode FMEA untuk Peningkatan Ketersediaan Fisik Dan Waktu Rata- Rata Antara Kegagalan Unit Komatsu Pc2000-8 pada PT. United Tractors, Tbk.

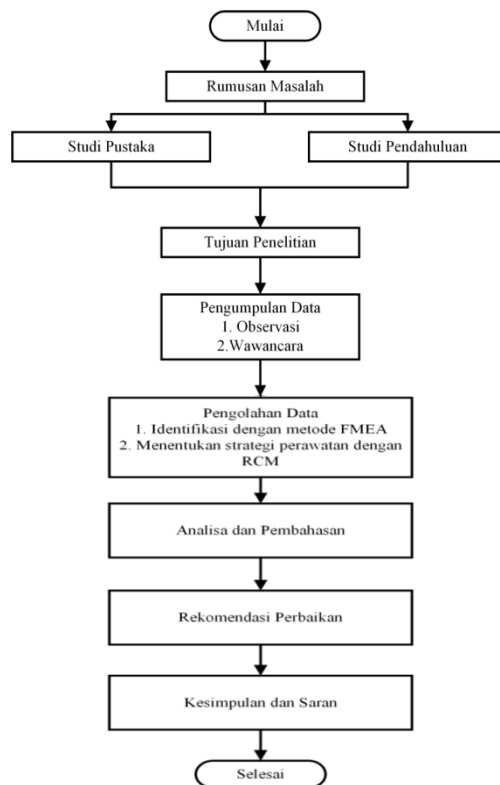
Reliability Centered Maintenance merujuk kepada pendekatan pemeliharaan suatu teknik maintenance yang memanfaatkan data terkait dengan keandalan suatu komponen, guna mendapatkan strategi perawatan yang berdampak positif, hemat biaya, dan mudah untuk dilaksanakan [8]. RCM dijelaskan sebagai proses yang diterapkan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar aset fisik tetap dapat melakukan apa yang diharapkan oleh penggunaannya. RCM menghasilkan peningkatan yang sangat cepat, berkelanjutan, dan berarti dalam aspek ketersediaan dan keandalan pabrik, kualitas produk, keselamatan, serta perlindungan lingkungan. RCM diterapkan ketika keandalan menjadi hal yang sangat penting dan konsekuensi kegagalan bisa menjadi signifikan atau kritis.[9]. Peneliti terdahulu Hafiz Azhari[10], menggunakan metode RCM untuk Analisis Perawatan Mesin Kapal di PT Jasa Armada Indonesia Tbk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menentukan komponen-komponen kritis pada sistem hidrolik serta mesin forklift diesel yang memiliki tingkat risiko kegagalan tertinggi, sehingga dapat dirumuskan strategi perawatan preventif dan tindakan perbaikan yang optimal berdasarkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna meningkatkan keandalan alat, mengurangi *downtime*, dan meningkatkan efisiensi operasional.

II. METODE

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan cara observasi dan wawancara, proses pengamatan dilakukan dengan melihat secara langsung proses *maintenance* yang dilakukan oleh mekanik. Serta data atau informasi juga dikumpulkan dengan melakukan wawancara secara langsung di tempat kerja dengan mengajukan pertanyaan secara lisan kepada staf yang relevan dengan studi untuk mendapatkan data yang diperlukan.

Pemilihan narasumber dalam wawancara merupakan orang-orang yang secara langsung berhubungan dengan permasalahan pada penelitian ini. Keseluruhan kegiatan penelitian ini digambarkan dengan diagram alir yang terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi kondisi dan permasalahan yang terdapat di perusahaan sebagai dasar pelaksanaan penelitian. Setelah permasalahan diketahui, penelitian dilanjutkan melalui studi pendahuluan yang terdiri dari studi pustaka dan studi lapangan. Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari berbagai teori, metode, serta indikator yang relevan dengan penelitian, sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan tahapan analisis yang digunakan di PT. XYZ. Sementara itu, studi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai kondisi perusahaan, khususnya aktivitas perawatan forklift. Selanjutnya, pengumpulan data dan observasi dilakukan secara langsung dengan mengamati proses pemeliharaan, kondisi peralatan, serta berbagai potensi risiko yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan selama forklift beroperasi.

Kemudian informasi tentang risiko dalam tahap produksi diproses menggunakan metode FMEA dengan cara mengidentifikasi nilai severity (S), occurrence (O), dan detection (D).

Risk Priority Number (RPN) untuk setiap kesalahan dan konsekuensinya. Nilai prioritas risiko atau Risk Priority Number (RPN) yang diperoleh melalui rumus: [11] RPN = $ND \times NK \times NDt$(1)

Keterangan : RPN = Risk Priority Number

ND = Nilai Dampak

NK = Nilai Kemungkinan

NDt = Nilai Deteksi

RPN dihitung berdasarkan perkalian tiga kategori kuantitatif yaitu pengaruh, penyebab dan pengenalan pada setiap langkah yang juga dikenal sebagai perkalian severity (S), occurrence (O), detection (D).

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Severity digunakan untuk menilai kriteria efek yang muncul dikarenakan adanya suatu kegagalan. Berikut merupakan nilai severity dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Severity (S)

Skor	Severity	Deskripsi
1	<i>No</i>	Tidak ada dampak
2	<i>Very slight</i>	Tidak menyebabkan dampak berarti
3	<i>Slight</i>	Menyebabkan dampak sangat kecil pada performa sistem
4	<i>Minor</i>	Menyebabkan dampak kecil pada performa sistem
5	<i>Moderate</i>	Menyebabkan dampak moderat pada performa sistem
6	<i>Significant</i>	Menyebabkan penurunan pada performa sistem tetapi masih dapat beroperasi dan aman
7	<i>Major</i>	Menyebabkan penurunan cukup besar pada performa sistem tetapi masih dapat berfungsi dan aman
8	<i>Extreme</i>	Menyebabkan sistem tidak dapat beroperasi tetapi masih aman
9	<i>Serious</i>	Berpotensi menyebabkan dampak yang berbahaya
10	<i>Harzaedous</i>	Dampak sangat berbahaya

Sumber:[12]

Penilaian occurrence (O) digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan suatu agen risiko atau penyebab kegagalan terjadi. Tingkat kemungkinan tersebut dinilai menggunakan skala 1 sampai 10, dengan ketentuan penilaian yang disajikan pada Tabel 2. Semakin tinggi nilai yang diperoleh, semakin sering atau semakin besar kemungkinan risiko tersebut muncul. Tabel 2.2

Tabel 2.2 Kriteria penilaian occurrence

Skor	occurence	Deskripsi
1	<i>Almost Never</i>	Hampir tidak pernah (1 : 1.500.000)
2	<i>Remote</i>	Sangat jarang (1 : 150.000)
3	<i>Very Slight</i>	Sedikit jarang (1 : 15.000)
4	<i>Slight</i>	Cukup jarang (1 : 2.000)
5	<i>low</i>	Jarang (1 : 400)
6	<i>Medium</i>	Sedikit sering (1 : 80)
7	<i>Moderately High</i>	Cukup sering (1 : 20)
8	<i>High</i>	Sering (1 : 8)
9	<i>Very High</i>	Sangat sering (1 : 3)
10	<i>Almost Certain</i>	Hampir selalu terjadi (1 : 2)

sumber: [12]

Selanjutnya, Detection (D) menunjukkan kemampuan dalam mendeteksi atau mengantisipasi suatu kegagalan sebelum menimbulkan dampak yang lebih besar. Penilaian ini digunakan untuk melihat sejauh mana tindakan pengendalian yang tersedia mampu mengenali potensi kegagalan sejak awal. Nilai Detection diberikan berdasarkan tingkat kemudahan dalam menemukan kegagalan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Kriteria penilaian occurrence

Deskripsi	Severity	Rating
Inspeksi tidak dapat mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Tidak pasti	10
Inspeksi mempunyai kemungkinan yang sangat rendah untuk dapat mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Sangat kecil	9
Inspeksi mempunyai kemungkinan yang sangat rendah untuk dapat mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Kecil	8
Inspeksi mempunyai kemungkinan yang rendah untuk dapat mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Sangat Rendah	7
Inspeksi mempunyai kemungkinan rendah untuk dapat mendeteksi kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Rendah	6
Inspeksi mempunyai kemungkinan untuk digunakan mengenali kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Sedang	5
Inspeksi mempunyai probabilitas sedang hingga tinggi dalam mendeteksi kemungkinan penyebab kegagalan dan modus kegagalan	Menengah ke atas	4
Inspeksi mempunyai kemungkinan besar untuk mengungkap kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Tinggi	3
Inspeksi memiliki kemungkinan yang sangat tinggi untuk mengungkap kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Sangat tinggi	2
Inspeksi memiliki kemungkinan yang sangat tinggi untuk mengungkap kemungkinan penyebab kegagalan dan cara kegagalan	Sangat tinggi	1

sumber [13][14]

Adapun Langkah-langkah RCM (Reliability Centred Maintenance) terdapat beberapa cara ataupun rumus pendukung yang dapat di gunakan :

a. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah pendekatan yang dapat digunakan secara sistematis untuk menentukan kegiatan pemeliharaan berdasarkan tingkat keandalan fasilitas dan sumber daya yang digunakan. Penerapan metode ini bertujuan untuk menjaga peralatan agar tetap dapat menjalankan fungsi yang dibutuhkan dengan tingkat keandalan yang baik serta penggunaan biaya pemeliharaan yang lebih efisien. Dalam RCM, perhatian tidak hanya diberikan pada kondisi teknis suatu komponen, tetapi juga pada dampak yang dapat ditimbulkan apabila terjadi kegagalan. Risiko dan konsekuensi kegagalan menjadi pertimbangan penting dalam menentukan tindakan pemeliharaan yang tepat. Oleh karena itu, penerapan RCM dapat membantu perusahaan dalam memilih bentuk pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan peralatan. Dalam pelaksanaannya, kegiatan maintenance pada pendekatan RCM dapat diarahkan pada beberapa strategi pemeliharaan yang disesuaikan dengan karakteristik kegagalan komponen berikut: [15]

1. < 10% Reactive.

2. 25% - 35% Preventive.

3. 45% - 55% Predictive.

$R = 1 - F$(2)

Keterangan:

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

R(t) = Reliability atau keandalan komponen pada waktu t.

F(t) = Probability of Failure atau probabilitas kegagalan komponen pada waktu t.

Rumus tersebut menunjukkan bahwa keandalan suatu komponen merupakan komplemen dari probabilitas kegagalannya. Semakin kecil nilai probabilitas kegagalan (**F(t)**), maka semakin besar nilai keandalan (**R(t)**). Nilai reliability berada pada rentang 0 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan bahwa komponen memiliki tingkat keandalan yang tinggi.

b. Mean Time Between Failure (MTBF)

Digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu kerusakan :[16]

$$MTBF = \frac{\text{Total Operating Time}}{\text{Jumlah Kerusakan}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

MTBF = Rata-rata waktu antar kerusakan

Total Operating Time = Total jam operasi

Jumlah Kerusakan = Frekuensi Breakdown

c. Mean Time To Repair (MTTR)

Digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu perbaikan mesin :[17]

$$MTTR = \frac{\text{Total Waktu Perbaikan}}{\text{Jumlah Perbaikan}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

MTTR = rata-rata waktu perbaikan

Total Waktu Perbaikan = total downtime maintenance

Jumlah Perbaikan = Total Kerusakan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian diperoleh melalui observasi dan wawancara dengan dua informan, yaitu kepala mekanik dan mekanik di PT. Karya Mitra Teknik. Informasi yang dikumpulkan mencakup riwayat serta jenis kerusakan pada forklift, termasuk kondisi komponen dan tindakan perbaikannya. Hasil pengumpulan data tersebut selanjutnya disajikan pada Tabel 1..

Berikut contoh histori kerusakan forklift diesel yang realistis dan dapat digunakan sebagai data penelitian pada PT. Karya Mitra Teknik. Data ini disusun berdasarkan histori 18 kejadian kerusakan dalam satu tahun sehingga dapat digunakan untuk analisis FMEA dan RCM.

Tabel 3.1 Data Histori Kerusakan Forklift Diesel

No	Tanggal	Komponen	Jenis Kerusakan	Penyebab	Downtime (Jam)
1	08/01/2025	Seal Silinder Hidrolik	Kebocoran oli	Seal aus	4
2	21/01/2025	Selang Hidrolik	Selang pecah	Tekanan berlebih	5
3	05/02/2025	Filter Hidrolik	Filter tersumbat	Oli kotor	3
4	19/02/2025	Pompa Hidrolik	Tekanan hidrolik menurun	Keausan pompa	8
5	06/03/2025	Radiator	Overheating	Radiator kotor	4
6	18/03/2025	Fuel Filter	Mesin sulit hidup	Filter tersumbat	2
7	03/04/2025	Injektor	Pembakaran tidak sempurna	Injektor kotor	6

8	20/04/2025	Engine Belt	Belt putus	Umur pakai habis	3
9	08/05/2025	Selang Hidrolik	Kebocoran oli	Selang retak	4
10	26/05/2025	Battery	Starter lemah	Tegangan turun	2
11	12/06/2025	Pompa Hidrolik	Tekanan tidak stabil	Keausan impeller	7
12	29/06/2025	Seal Silinder Hidrolik	Kebocoran	Seal robek	4
13	15/07/2025	Water Pump	Mesin panas	Bearing rusak	5
14	31/07/2025	Fuel Pump	Mesin mati mendadak	Tekanan bahan bakar rendah	6
15	18/08/2025	Filter Hidrolik	Aliran oli terhambat	Filter jenuh	3
16	05/09/2025	Pompa Hidrolik	Tidak mampu mengangkat beban	Keausan pompa	9
17	21/10/2025	Injektor	Asap hitam	Injektor aus	5
18	09/11/2025	Seal Silinder Hidrolik	Kebocoran oli	Seal aus	4

Rekapitulasi Frekuensi Kerusakan

Komponen	Frekuensi	Persentase (%)
Pompa Hidrolik	3	16,67
Seal Silinder Hidrolik	3	16,67
Selang Hidrolik	2	11,11
Filter Hidrolik	2	11,11
Injektor	2	11,11
Radiator	1	5,56
Fuel Filter	1	5,56
Engine Belt	1	5,56
Battery	1	5,56
Water Pump	1	5,56
Fuel Pump	1	5,56
Total	18	100

Tabel 3.2 Rekapitulasi Downtime

Komponen	Total Downtime (Jam)
Pompa Hidrolik	24
Seal Silinder Hidrolik	12
Injektor	11
Selang Hidrolik	9
Fuel Pump	6
Water Pump	5
Radiator	4
Filter Hidrolik	6
Engine Belt	3
Fuel Filter	2
Battery	2
Total Downtime	84 Jam

Berdasarkan data histori kerusakan forklift diesel selama periode penelitian, tercatat 18 kejadian kerusakan dengan total *downtime* 84 jam. Komponen yang paling sering mengalami kerusakan adalah pompa hidrolik dan seal silinder hidrolik, masing-masing sebanyak tiga kali atau 16,67% dari total kejadian. Selain memiliki frekuensi kerusakan tertinggi, pompa hidrolik juga menghasilkan *downtime* terbesar yaitu 24 jam, sehingga menjadi komponen yang paling kritis dalam operasional forklift. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem hidrolik merupakan bagian yang perlu diprioritaskan dalam program perawatan.

Tidak hanya pompa hidrolik, beberapa komponen lain seperti injektor, selang hidrolik, dan filter hidrolik juga tercatat mengalami kerusakan berulang. Kondisi tersebut dapat mengganggu kinerja forklift dan berdampak pada kelancaran kegiatan operasional. Riwayat kerusakan yang telah diperoleh kemudian digunakan sebagai bahan dalam melakukan penilaian risiko melalui metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Penilaian dilakukan dengan menentukan tingkat Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) pada setiap jenis kegagalan. Hasil penilaian tersebut selanjutnya menjadi dasar untuk menentukan komponen yang memiliki tingkat risiko lebih tinggi sebelum dilakukan penentuan tindakan pemeliharaan melalui pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM).

3.3 Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengkaji potensi kegagalan yang terdapat pada komponen forklift diesel. Tahapan analisis dilakukan dengan mengidentifikasi bentuk kegagalan, faktor penyebab, serta dampaknya terhadap fungsi dan kinerja forklift. Setelah setiap kegagalan berhasil diidentifikasi, dilakukan pemberian skor berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan mendeteksi kegagalan tersebut sebagai dasar dalam menentukan tingkat risikonya. mengetahui tingkat risikonya dan menentukan komponen yang perlu mendapatkan perhatian lebih dalam kegiatan perawatan. Penentuan tingkat prioritas tersebut dilakukan melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang dihitung berdasarkan tiga parameter, yaitu *Severity* (S) yang menunjukkan tingkat keparahan dampak, *Occurrence* (O) yang menunjukkan frekuensi terjadinya kegagalan, dan *Detection* (D) yang menunjukkan kemampuan dalam mendeteksi kegagalan. Nilai RPN diperoleh dengan mengalikan ketiga parameter tersebut, yaitu

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

Tabel 3.2 Analisis FMEA Forklift Diesel

No	Komponen	Failure Mode	Efek Kegagalan	Penyebab	S	O	D	RPN
1	Pompa Hidrolik	Tekanan hidrolik menurun	Forklift tidak mampu mengangkat beban	Keausan pompa	9	8	4	288
2	Seal Silinder Hidrolik	Kebocoran oli	Tekanan hidrolik berkurang	Seal aus	8	7	4	224
3	Injector	Pembakaran tidak sempurna	Tenaga mesin menurun	Injector kotor	8	6	4	192
4	Selang Hidrolik	Selang bocor	Oli keluar dan tekanan hilang	Selang retak	8	5	4	160
5	Filter Hidrolik	Filter tersumbat	Aliran oli terhambat	Kontaminasi oli	7	5	4	140
6	Fuel Pump	Tekanan bahan bakar rendah	Mesin mati mendadak	Pompa aus	8	4	4	128
7	Water Pump	Pendinginan tidak optimal	Mesin overheating	Bearing rusak	7	4	4	112
8	Radiator	Radiator kotor	Mesin cepat panas	Kurang pembersihan	7	3	4	84
9	Engine Belt	Belt putus	Pompa air tidak bekerja	Umur pakai habis	6	3	4	72
10	Fuel Filter	Filter tersumbat	Suplai bahan bakar terganggu	Kotoran	6	3	3	54
11	Battery	Aki soak	Starter tidak berfungsi	Umur aki	5	2	3	30

Tabel 3.3 Prioritas Risiko Berdasarkan Nilai RPN

Peringkat	Komponen	Nilai RPN	Tingkat Risiko
1	Pompa Hidrolik	288	Sangat Tinggi
2	Seal Silinder Hidrolik	224	Sangat Tinggi
3	Injektor	192	Tinggi
4	Selang Hidrolik	160	Tinggi
5	Filter Hidrolik	140	Sedang
6	Fuel Pump	128	Sedang
7	Water Pump	112	Sedang
8	Radiator	84	Rendah
9	Engine Belt	72	Rendah
10	Fuel Filter	54	Rendah
11	Battery	30	Sangat Rendah

3.4 ANALISIS RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)

Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk memilih tindakan pemeliharaan yang sesuai berdasarkan komponen yang memiliki tingkat risiko tinggi. Penentuan komponen prioritas mengacu pada hasil analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), khususnya komponen yang memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) paling tinggi. Penerapan RCM diarahkan untuk menjaga fungsi utama komponen, menekan peluang terjadinya kegagalan, serta meningkatkan keandalan forklift diesel selama digunakan dalam kegiatan operasional. Proses analisis dimulai dengan menentukan fungsi masing-masing komponen, kemudian mengidentifikasi *functional failure*, *failure mode*, dan *failure effect*. Selanjutnya, konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan (*failure consequence*) dianalisis sebagai dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan yang paling tepat sesuai dengan kondisi dan karakteristik kegagalan komponen.

Tabel 3.4 Analisis RCM Decision Worksheet

Komponen	Fungsi Komponen	Functional Failure	Failure Mode	Dampak Kegagalan	Strategi RCM
Pompa Hidrolik	Menghasilkan tekanan oli hidrolik	Tekanan hidrolik tidak tercapai	Pompa aus	Forklift tidak mampu mengangkat beban	Scheduled Restoration Task
Seal Silinder Hidrolik	Menahan kebocoran oli	Oli bocor	Seal aus	Tekanan hidrolik menurun	Scheduled Discard Task
Injector	Menginjeksikan bahan bakar	Pembakaran tidak sempurna	Injector kotor	Tenaga mesin menurun	Scheduled On Condition Task
Selang Hidrolik	Menyalurkan oli hidrolik	Oli bocor	Selang retak	Sistem hidrolik gagal bekerja	Scheduled Discard Task
Filter Hidrolik	Menyaring oli hidrolik	Oli tidak tersaring	Filter tersumbat	Pompa cepat rusak	Scheduled Discard Task

Hasil pengolahan data dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan adanya lima komponen yang menjadi prioritas karena memiliki nilai risiko paling tinggi. Komponen tersebut terdiri dari pompa hidrolik dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) 288, seal silinder hidrolik sebesar 224, injektor sebesar 192, selang hidrolik sebesar 160, dan filter hidrolik sebesar 140. Nilai RPN yang tinggi mengindikasikan bahwa komponen-komponen tersebut perlu mendapat perhatian lebih dalam kegiatan pemeliharaan karena memiliki potensi kegagalan yang dapat memberikan dampak signifikan terhadap operasional forklift, frekuensi kerusakan, dan peluang deteksi yang tinggi sehingga menjadi prioritas dalam kegiatan pemeliharaan. Kerusakan pompa hidrolik menyebabkan forklift kehilangan kemampuan mengangkat beban, sedangkan kerusakan seal silinder hidrolik mengakibatkan kebocoran oli yang menurunkan tekanan sistem hidrolik. Kerusakan injektor menyebabkan proses pembakaran tidak sempurna sehingga tenaga mesin menurun, sedangkan kerusakan selang dan filter hidrolik mengganggu sirkulasi oli yang berdampak pada menurunnya performa sistem hidrolik. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) digunakan untuk menentukan strategi pemeliharaan yang paling sesuai pada setiap komponen kritis. Pompa hidrolik direkomendasikan menggunakan *Scheduled Restoration Task* melalui inspeksi dan overhaul berkala, sedangkan seal silinder hidrolik, selang hidrolik,

dan filter hidrolik menggunakan Scheduled Discard Task karena lebih efektif diganti sesuai umur pakainya. Sementara itu, injektor, fuel pump, radiator, dan battery menggunakan *Scheduled On Condition Task* melalui pemeriksaan kondisi secara berkala agar potensi kerusakan dapat dideteksi sebelum menyebabkan kegagalan. Penerapan metode FMEA dan RCM secara terintegrasi menghasilkan program *preventive maintenance* yang lebih efektif karena penentuan strategi perawatan didasarkan pada tingkat risiko masing-masing komponen. FMEA berfungsi mengidentifikasi dan memprioritaskan komponen berdasarkan nilai RPN, sedangkan RCM menentukan tindakan pemeliharaan yang paling tepat sesuai karakteristik kegagalan komponen. Dengan penerapan kedua metode tersebut, perusahaan diharapkan mampu mengurangi frekuensi kerusakan, menekan *downtime*, meningkatkan keandalan forklift diesel, memperpanjang umur pakai komponen, serta mengoptimalkan biaya pemeliharaan. Hasil penelitian ini sejalan dengan [18] bahwa FMEA dan RCM mampu menentukan prioritas komponen kritis sekaligus menghasilkan strategi pemeliharaan yang lebih efektif untuk meningkatkan keandalan mesin. Selain itu, [19] menjelaskan bahwa integrasi FMEA dan RCM dapat menurunkan risiko kegagalan serta meningkatkan efektivitas kegiatan pemeliharaan melalui penerapan *preventive maintenance* yang terencana.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pemeliharaan preventif dan penanganan kerusakan pada sistem hidrolik serta mesin forklift diesel di PT. Karya Mitra Teknik, metode FMEA dan RCM dapat digunakan untuk menentukan komponen yang menjadi prioritas perawatan. Hasil analisis FMEA menunjukkan adanya lima komponen yang memiliki tingkat risiko kerusakan paling tinggi. Temuan tersebut menjadi dasar untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang lebih tepat melalui metode RCM, sehingga perawatan dapat difokuskan pada komponen yang paling berpengaruh terhadap kinerja dan keandalan forklift., yaitu pompa hidrolik dengan nilai RPN 288, seal silinder hidrolik sebesar 224, injector sebesar 192, selang hidrolik sebesar 160, dan filter hidrolik sebesar 140. Kelima komponen tersebut ditetapkan sebagai prioritas pemeliharaan karena kegagalannya dapat mengganggu fungsi forklift dan menyebabkan bertambahnya waktu *downtime* selama kegiatan operasional. Hasil pengolahan menggunakan metode RCM menghasilkan beberapa alternatif tindakan pemeliharaan yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing komponen. Pompa hidrolik direkomendasikan memperoleh Scheduled Restoration Task, sedangkan seal silinder hidrolik, selang hidrolik, dan filter hidrolik menggunakan Scheduled Discard Task. Sementara itu, injector, fuel pump, radiator, dan battery direkomendasikan mendapatkan Scheduled On Condition Task. Penerapan tindakan pemeliharaan tersebut diharapkan dapat membantu perusahaan menjaga kondisi forklift, mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan berulang, serta menekan *downtime*. Dengan jadwal dan jenis perawatan yang lebih terarah, kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan berdasarkan tingkat risiko dan kondisi komponen sehingga keandalan forklift serta kelancaran operasional perusahaan dapat ditingkatkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan Pt Karya Mitra Teknik Sebagai tempat pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- [1] A. Ardiansyah, A. N. Rachmad, and M. R. Dhani, "Penerapan Metode FMECA untuk Analisis Kegagalan Komponen Forklift Counterbalance pada Industri Farmasi," *Desember 2025 J. Saf.*, vol. 3, no. 2, pp. 10–18, 2025.
- [2] T. Purba and N. Marikena, "Analisa Produktivitas Perawatan Forklift Menggunakan Metode Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Di PT XYZ," *IESM J. (Industrial Eng. Syst. Manag. Journal)*, vol. 2, no. 1, pp. 74–86, 2021.
- [3] J. J. Sudirman and N. T. Timur, "E -ISSN : 2746-0835 Volume 5 No 1 (2024) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri) IDENTIFIKASI PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK DAN NON ORGANIK DI E - ISSN : 2746-0835 Volume 5 No 1 (2024) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)," vol. 5, no. 1, pp. 43–50, 2024.
- [4] D. C. Pangestuti, H. Nastiti, and R. Husniaty, "Analisis Risiko Operasional Dengan Metode FMEA," *J. AKUNTANSI, Ekon. dan Manaj. BISNIS*, vol. 10, no. 2, pp. 177–186, 2022, doi: 10.30871/jaemb.v10i2.3235.
- [5] R. Ardiansyah, D. Widyaningrum, and M. Jufriyanto, "Upaya Perawatan Peralatan Bengkel Alat Berat PT. BMI dengan Metode FMEA," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 660–668, 2023, doi: 10.55338/saintek.v5i2.2082.

- [6] A. S. Prasetiowati and W. A. Larasati, "Analisis Risiko Operasional Gudang Penimbunan Sementara Dengan Menggunakan Metode FMEA Di PT Krakatau Bandar Samudera," vol. 4, no. 2, pp. 217–226, 2025.
- [7] R. Rustanto, A. T. Pratama, A. Febrianto, F. A. Syafutra, W. Septianugraha, and B. M. Walfitri, "Peningkatan Ketersediaan Fisik Dan Waktu Rata-Rata Antara Kegagalan Unit Komatsu Pc2000-8 Pada Pt. United Tractors, Tbk Dengan Metode Fmea," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 371–384, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i2.1053.
- [8] M. P. Rosianto, H. Rarindo, M. Akhlis, R. Dan, and B. Wahyudi, "Metode Rcm Untuk Penjadwalan Perawatan Pada Kendaraan Rcm Method for Vehicle Maintenance Scheduling," *J. Teknol.*, vol. 17, no. 2, p. 2023, 2023.
- [9] R. P. Ayuni and E. Supriyadi, "Systematic Literature Review: Pemeliharaan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Perseroan Terbatas," *Sist. J. Ilm. Nas. Bid. Ilmu Tek.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: 10.53580/sistemik.v11i1.80.
- [10] H. Azhari, J. G. Ganap, and F. A. Nisah, "Analisis Perawatan Mesin Kapal dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Jasa Armada Indonesia Tbk," *Ind. J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 407–417, 2024, doi: 10.37090/indstrk.v8i2.1261.
- [11] S. B. Marpaung, D. A. A. Ritonga, and A. Irwan, "Analisa Risk Priority Number (Rpn) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Thresher Dengan Menggunakan Metode Fmea Di Pt.Xyz," *JiTEKH*, vol. 9, no. 2, pp. 74–81, 2021, doi: 10.35447/jitekh.v9i2.427.
- [12] A. M. Huda, "Mitigasi Risiko Perusahaan Distributor Peralatan Kapal Dengan Pendekatan House of Risk (HOR) Studi Kasus : PT. Mega Advans Teknologi," *J. Integr. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 83–97, 2021, [Online]. Available: <https://journal.maranatha.edu/index.php/jis/article/view/9154>
- [13] A. Fauji *et al.*, "Risk Management Of Chrome Drum Motor Process With FMEA and FTA Methods [Manajemen Risiko Proses Chrome Tromol Motor Dengan Metode FMEA dan FTA]," pp. 1–11, 2023.
- [14] I. Kecacatan, P. Kerangka, B. Di, P. T. Ravana, M. I. Romadhoni, and D. Andesta, "Jaya Menggunakan Metode Fmea Dan Fta Identification of Defects in Building Framework Product Using Fmea and Fta Methods," vol. 05, no. 02, pp. 236–247, 2022, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/5de6/214ca73e7d4635fe949c4193e51760b67dba.pdf>
- [15] R. M. Simanungkalit, S. Suliawati, and 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, pp. 72–83, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i1.199.
- [16] H. W. dan A. D. Maulana Bahrul Ulum , Hari Rarindo, "Maulana Bahrul Ulum , Hari Rarindo , Hangga Wicaksono dan Agus Dani," *J. Teknol.*, no. Vol 17 No 2 (2023): Nopember 2023, 2023.
- [17] S. Silvia, R. I. D. Suyatmo, and M. Murnianti, "Analisis Preventive Maintenance Berdasarkan Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR) Pada Alat Blow Molding Di PT XYZ," *J. Pengabd. Masy. Bangsa*, vol. 2, no. 8, pp. 3471–3478, 2024, doi: 10.59837/jpmba.v2i8.1495.
- [18] F. Samharil and E. D. Priyana, "Perancangan Pemeliharaan Mesin Filter Press dengan metode FMECA dan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT . XYZ)," vol. 8, no. 2, pp. 335–344, 2022.
- [19] N. Agustus, W. D. Ramadhan, A. E. Nurhidayat, U. Indraprasta, and P. Jakarta, "ANALISIS PERAWATAN MESIN DENGAN MENGGUNAKAN METODE REABILITY CENTERED MAINTENANCE DAN FUZZY FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS * Koresponden : Wahyuridho Dwi Ramadhan Pendahuluan Kegiatan perawatan mesin mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung," vol. 3, no. 8, pp. 867–878, 2022.
- [20] A. A. Wibowo and T. Dahniar, "Optimasi Perawatan Mesin Screw Compressor untuk Meningkatkan Produktivitas Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," vol. 5, no. 3, pp. 1571–1581, 2026.
- [21] Willy Rio Fernando, Hana Silvia Dwi Putri, and Edora, "**Optimalisasi Keandalan Robot Sealer Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode And Effects Analysis) Dan RCM (Reliability Centered Maintenance) Di Line Body Shop Di Industri Otomotif ,**" *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 5, no. 2, pp. 1313–1320, 2026, doi: 10.55826/jtmit.v5i2.1939.
- [22] T. O. Rahmat and N. U. Handayani, "Optimalisasi Pemilihan Maintenance Task Mesin Blower Lane Produksi SPS 3 dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Tirta Investama Klaten," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 13, no. 4, 2024.
- [23] J. Hardono, D. F. Hidayat, and R. Nugroho, "Strategi Perawatan Menggunakan Reliability Centered Maintenance pada Alat Aircraft Washing Truck di PT GMF AeroAsia Tbk," *Jurnal Teknik*, vol. 13, no. 2, 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.