

Evaluation of Preventive Maintenance Schedule Using the Reliability Centered Maintenance Method to Improve Machine Reliability [Evaluasi Jadwal *Preventive Maintenance* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance II* Untuk Meningkatkan *Reliability* Mesin]

Ilfan Feriantono¹⁾, Tedjo Sukmono^{*, 2)}

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

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

*Email Penulis Korespondensi: feriantonoilfan@gmail.com thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. PT IFH is a packaging box manufacturing company that faces problems in the maintenance system of the KBA Rapida 106 printing machine, causing increased downtime and decreased machine reliability. This study aims to evaluate the effectiveness of preventive maintenance schedules and to develop more appropriate maintenance proposals using the Reliability Centered Maintenance II (RCM II) method. The methods used include Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), goodness of fit testing, calculation of Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), Reliability, and Availability. The results show that the suction brake component has the highest Risk Priority Number (RPN) value of 125. The MTBF value obtained is 35.702 second and MTTR is 1.96 hours. Reliability increased from 43% to 86% after the proposed preventive maintenance interval was implemented. This study shows that the implementation of RCM II is able to improve machine reliability and reduce the risk of production downtime.

Keywords - Preventive Maintenance; Reliability Centered Maintenance II (RCM II); KBA Rapida 106 machine

Abstrak. PT IFH merupakan perusahaan manufaktur packaging box yang menghadapi permasalahan pada sistem pemeliharaan mesin printing KBA Rapida 106 sehingga menyebabkan meningkatnya downtime dan menurunnya keandalan mesin. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas jadwal preventive maintenance serta menyusun usulan perawatan yang lebih tepat menggunakan metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II). Metode yang digunakan meliputi Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), pengujian goodness of fit, perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), Reliability, dan Availability. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen suction brake memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi sebesar 125. Nilai MTBF diperoleh sebesar 35.702 detik dan MTTR sebesar 1.96 jam. Reliability meningkat dari 43% menjadi 86% setelah usulan interval preventive maintenance diterapkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan RCM II mampu meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi risiko downtime produksi.

Kata Kunci - Preventive Maintenance; Reliability Centered Maintenance II (RCM II); Mesin KBA Rapida 106

I. PENDAHULUAN

PT. IFH merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi packaging box berbahan dasar kertas Duplex dan Ivory. Dalam operasionalnya, perusahaan menghadapi sejumlah permasalahan terkait pengelolaan kegiatan pemeliharaan mesin, khususnya pada mesin cetak (*printing*) yang berperan sebagai peralatan utama dalam proses produksi. Jadwal *preventive maintenance* yang diterapkan saat ini belum berjalan secara optimal seperti jadwal *preventive maintenance* ditunda sehingga akhirnya terjadi kerusakan (*breakdown*). Sehingga berpotensi menurunkan keandalan mesin dan mengakibatkan gangguan saat produksi. Maka diperlukan suatu pendekatan yang mampu menentukan waktu pemeliharaan yang lebih tepat dan efektif. Metode *Reliability Centered Maintenance II* dipilih sebagai solusi karena pendekatan ini berfokus pada keandalan mesin serta dapat membantu menetapkan strategi pemeliharaan yang paling sesuai berdasarkan kondisi dan kebutuhan peralatan [1].

Untuk menyelesaikan masalah operasional yang timbul akibat ketidak berfungsi mesin seperti kegagalan mekanikal feeder dan delivery, jalan kertas di meja infeed tidak stabil, maka diperlukan pendekatan pemeliharaan yang terstruktur. Dalam penelitian ini metode *Reliability Centered Maintenance II* dipilih karena kemampuannya dalam mengidentifikasi fungsi mesin secara mendetail, serta dalam memilih langkah-langkah pemeliharaan yang paling efisien dan efektif. RCM II tidak hanya berfokus pada perbaikan mesin saat mengalami kerusakan, namun juga menekankan pencegahan berdasarkan keandalan untuk menghindari kerusakan yang terjadi berulang kali, serta mengoptimalkan jadwal pemeliharaannya. Melalui pengimplementasian RCM II perusahaan dapat meningkatkan keandalan mesin *printing*, sekaligus meminimalkan waktu tidak beroperasi (*downtime*) [2].

Pada penelitian terdahulu pusat perhatian pada identifikasi komponen mesin yang paling rentan mengalami kerusakan dan memberikan pengaruh terbesar terhadap *downtime*, serta mengungkap bahwa biaya perawatan dan waktu henti produksi yang timbul tergolong sangat tinggi. Identifikasi fungsi utama peralatan, potensi terjadinya kegagalan, serta konsekuensi yang ditimbulkan dari setiap kegagalan tersebut [3]. Strategi pemeliharaan yang paling sesuai guna mencegah ataupun meminimalkan dampak yang muncul akibat kegagalan peralatan. Pemanfaatan pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Reliability Centered Maintenance II* sebagai dasar analisis untuk menurunkan waktu henti operasi (*downtime*) serta menilai tingkat efisiensi kinerja fasilitas produksi di perusahaan [4]. Faktor-faktor yang menyebabkan meningkatnya durasi waktu henti menentukan tindakan pemeliharaan yang paling sesuai, serta menilai risiko yang muncul akibat kerusakan pada sistem-sistem yang bersifat kritis [5]. Selain itu, pendekatan ini juga digunakan untuk mengevaluasi total biaya pemeliharaan serta menentukan interval pemeliharaan *preventif* yang paling optimal dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas jadwal *preventive maintenance*, menyusun rekomendasi jadwal *preventive maintenance*, menilai program perawatan dalam meningkatkan keandalan mesin. Sehingga kinerja mesin dapat tetap optimal dan beroperasi pada kondisi terbaiknya [6]. Perawatan mesin merupakan aktivitas kegiatan yang bertujuan untuk memperbaiki ataupun mempertahankan kondisi mesin agar tetap berfungsi sesuai dengan standar operasionalnya. Aktivitas pemeliharaan pada dasarnya diartikan sebagai upaya menjaga fasilitas agar berada pada kondisi yang diharapkan. Dengan demikian, dalam penelitian ini, pemeliharaan dipahami sebagai serangkaian tindakan yang dilakukan untuk memastikan mesin tetap berada dalam kondisi optimal sehingga mampu menjalankan fungsinya secara semestinya [7].

Reliability Centered Maintenance II (RCM II) adalah strategi perawatan yang menekankan keandalan dari suatu sistem atau mesin, dengan tujuan untuk mengidentifikasi pendekatan pemeliharaan yang paling efisien berdasarkan peran alat, tipe kesalahan, sumber penyebab kesalahan, serta dampaknya. RCM II fokus pada fungsi utama dari mesin dan langkah-langkah pemeliharaan yang paling sesuai, serta *preventif*, *prediktif*, *run-to-failure*, atau desain ulang. Fungsi utama *Reliability Centered Maintenance* adalah untuk mengidentifikasi fungsi dan kebutuhan kinerja mesin, menentukan strategi pemeliharaan yang tepat, dan mengoptimalkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime* [8].

II. METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

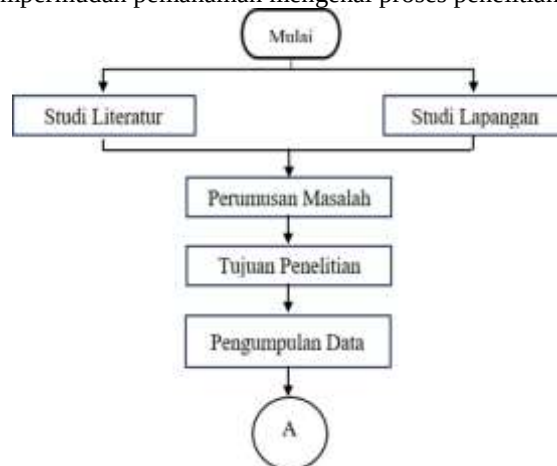
Penelitian ini dilaksanakan di PT. IFH yang berlokasi di Kabupaten Mojokerto Provinsi Jawa Timur pada Juli 2025 hingga Oktober 2025.

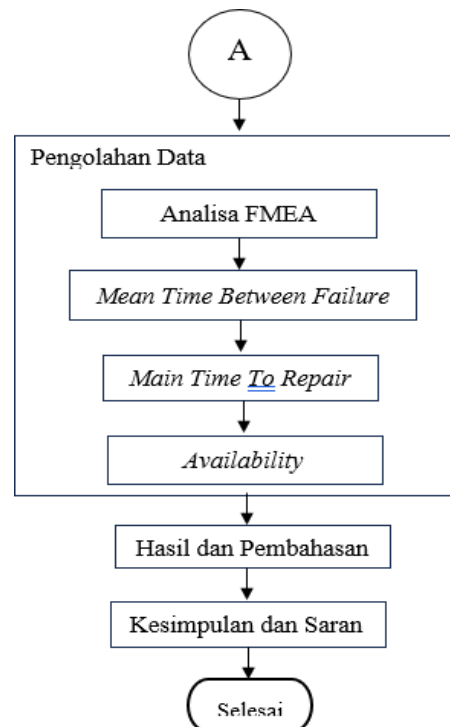
B. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara langsung dengan kepala produksi PT. IFH Offset untuk mengetahui fungsi mesin, kondisi operasional, prosedur penanganan kerusakan, serta kendala yang sering terjadi pada mesin produksi. Sementara itu, data sekunder berupa laporan produksi yang meliputi data waktu operasi dan *downtime*, waktu antar kerusakan dan perbaikan, data penyebab kegagalan beserta dampaknya, serta histori aktivitas pemeliharaan yang telah dilakukan. Kemudian akan analisis menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II*.

C. Alur Penelitian

Gambar 1 diagram alur penelitian yang menggambarkan tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM II), hingga penarikan kesimpulan dan pemberian usulan perbaikan. Diagram alur penelitian ini disusun untuk mempermudah pemahaman mengenai proses penelitian yang dilakukan.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

D. Pengumpulan Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Reliability Centered Maintenance II* dengan melibatkan perhitungan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, *Mean Time Between Failure (MTBF)*, *Mean Time To Repair (MTTR)*, serta *Availability*.

Reliability Centered Maintenance (RCM II)

Reliability Centered Maintenance II diartikan sebagai metode pemeliharaan yang diterapkan secara terstruktur dan sistematis untuk menentukan tindakan perawatan yang diperlukan agar suatu mesin atau fasilitas tetap dapat menjalankan fungsi utamanya sesuai dengan desain dan kondisi operasional yang berlaku [9].

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah mengevaluasi potensi risiko yang dapat muncul pada tahap perancangan, proses produksi, maupun pelayanan perusahaan, dengan tujuan mengurangi atau menghilangkan risiko tersebut. Melalui pendekatan ini, dapat diidentifikasi komponen-komponen yang memiliki frekuensi kerusakan tinggi serta tingkat pengaruhnya terhadap kinerja sistem, sehingga komponen tersebut dapat memperoleh perhatian khusus melalui strategi pemeliharaan yang lebih tepat dan terarah [10].

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

Sumber: [11].

Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan rata-rata durasi suatu mesin dapat beroperasi tanpa mengalami kegagalan.

$$MTBF = \frac{Operation\ Time - Downtime}{Frekuensi\ Kerusakan} \dots\dots\dots(2)$$

Sumber: [12].

Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair (MTTR) merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses perbaikan suatu peralatan. Dimulai sejak peralatan mengalami kerusakan hingga dapat kembali beroperasi dengan normal.

$$MTTR = \frac{Downtime}{Frekuensi\ Kerusakan} \dots\dots\dots(3)$$

Sumber: [13].

Availability

Availability merupakan proporsi waktu dimana suatu peralatan atau mesin benar-benar tersedia untuk digunakan dibandingkan dengan total waktu yang seharusnya untuk menjalankan pekerjaan tersebut.

$$MTBF = \frac{Operation\ Time - Downtime}{Operation\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Sumber:[14].

Task Selection

Proses penetapan langkah perawatan yang seharusnya dilakukan terhadap kegagalan yang terjadi. Bertujuan untuk memahami penerapan *maintenance reliability* pada mesin [15].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pembahasan

Tahap hasil dan pembahasan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas *preventive maintenance* serta menyusun usulan jadwal perawatan guna meningkatkan keandalan dan performa mesin. Analisis dilakukan terhadap parameter keandalan seperti *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *availability* untuk mengetahui tingkat kesiapan operasi mesin. Bertujuan untuk menilai efektivitas program perawatan dalam meningkatkan aspek keandalan operasional mesin rapida 106.

B. Pengumpulan Data

Tabel 1 data yang dikumpulkan berupa data historis waktu beroperasi dan banyaknya kerusakan perbulan dari catatan pemeliharaan perusahaan selama periode juli 2025 sampai oktober 2025.

Tabel 1. Data Operasi Mesin Rapida 106

No	Komponen	Tanggal Kegagalan	Waktu Kegagalan	Tanggal Perbaikan	Waktu Perbaikan	Tanggal Operasi	Waktu Operasi
1	Sheet Guide Delivery	02/07/2025	11:13:00	02/07/2025	11:28:00	02/07/2025	11:28:00
2	Filter	07/07/2025	12:20:00	07/07/2025	12:48:00	07/07/2025	12:48:00
3	Anilox Roller	08/07/2025	11:09:00	08/07/2025	11:49:00	08/07/2025	11:49:00
4	Sensor	09/07/2025	10:01:00	09/07/2025	10:36:00	09/07/2025	10:36:00
5	Selang Air Pendingin	10/07/2025	09:00:00	10/07/2025	09:44:00	10/07/2025	09:44:00
6	Reflector	12/07/2025	13:00:00	12/07/2025	15:00:00	12/07/2025	15:00:00
7	Compressor Line	16/07/2025	09:25:00	19/07/2025	09:45:00	19/07/2025	09:45:00
8	Pneumatic	17/07/2025	09:20:00	17/07/2025	09:41:00	17/07/2025	09:41:00
9	Vacuum Brake	18/07/2025	08:10:00	18/07/2025	08:51:00	18/07/2025	08:51:00
10	Gripper Delivery	19/07/2025	08:00:00	16/07/2025	08:29:00	16/07/2025	08:29:00
11	Belt Sheet Travel	22/07/2025	12:02:00	22/07/2025	12:52:00	22/07/2025	12:52:00
12	Clamp Bolt	23/07/2025	09:30:00	23/07/2025	10:05:00	23/07/2025	10:05:00
13	Sensor Reflector	25/07/2025	08:40:00	25/07/2025	10:10:00	25/07/2025	10:10:00
14	Pump Chiller	26/07/2025	10:15:00	26/07/2025	10:35:00	26/07/2025	10:35:00
15	Gripper Bar	01/08/2025	11:04:00	01/08/2025	11:49:00	01/08/2025	11:49:00
16	Gear	07/08/2025	13:02:00	07/08/2025	13:32:00	07/08/2025	13:32:00
17	Bearing	19/08/2025	13:13:00	19/08/2025	13:28:00	19/08/2025	13:28:00
18	Suction Head	09/09/2025	12:20:00	09/09/2025	14:45:00	09/09/2025	14:45:00
19	Dryer	04/09/2025	11:09:00	04/09/2025	11:49:00	04/09/2025	11:49:00
20	Oscillator Roller	23/09/2025	14:01:00	23/09/2025	14:41:00	23/09/2025	14:41:00
21	Solenoid Valve	23/09/2025	09:00:00	23/09/2025	11:00:00	23/09/2025	11:00:00
22	Timing Belt	15/10/2025	13:00:00	15/10/2025	15:00:00	15/10/2025	15:00:00
23	Ink Key	27/10/2025	07:00:00	27/10/2025	13:00:00	27/10/2025	13:00:00
24	Brush	28/10/2025	09:20:00	28/10/2025	10:50:00	28/10/2025	10:50:00

Tabel 1 menunjukkan data historis waktu beroperasi dan kerusakan pada mesin Rapida 106 selama periode Juli hingga Oktober 2025. Dari *gripper delivery* data tersebut akan digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keandalan setiap komponen serta menentukan strategi pemeliharaan yang tepat guna meningkatkan kinerja dan ketersediaan mesin Rapida 106.

C. Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data, dilakukan proses untuk mendapatkan parameter keandalan dari komponen yang diteliti. Pengolahan data dimulai dengan menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai terhadap karakteristik data *Time Between Failure* (TBF) dan *Time to Repair* (TTR) melalui pengujian *goodness of fit*.

D. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tabel 2 *Failure Mode and Effect Analysis* merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis tingkat keandalan suatu sistem serta mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan agar persyaratan keandalan dan keamanan sistem dapat tercapai. Mode kegagalan dapat berupa kerusakan, kesalahan desain, kondisi yang melebihi batas spesifikasi, maupun perubahan pada produk yang menyebabkan fungsi produk terganggu. Dengan melakukan identifikasi dan pengendalian terhadap mode kegagalan tersebut, metode FMEA dapat membantu meningkatkan kualitas dan keandalan produk sehingga kepuasan pelanggan terhadap produk yang digunakan juga semakin meningkat.

Tabel 2. FMEA Worksheet

FMEA Gripper delivery									
Part	Fungsi	Potensi kegagalan	Akibat dari resiko yang terjadi	Severity	Penyebab yang ditimbulkan	Occurance	Kontrol yang dilakukan	Detectability	RPN
Gripper Finger	Menjepit dan menahan kertas selama proses delivery	Tidak menjepit	Kertas bergeser	4	Aus	6	Penggantian baru	2	48
			hasil tidak rapi	2	Tekanan kurang	7	Cek tekanan jepitan	4	56
			reject	7	Kotor tinta	6	Cleaning setiap shift	2	84
		Retak	gripper bar cacat	4	tekanan over pada saat setting	5	Hindari setting tekanan over	2	40
		Macet	Kertas tidak terlepas di delivery	5	Penumpukan debu/kertas	5	Overhaul berkala pada sistem gripper	2	50
		slip	Posisi cetakan tidak presisi (register lari)	6	Sudut kertas terlipat (awal crumpled)	4	Monitoring hasil cetak (indikasi awal slip)	4	96
Gripper Pad	Memberikan daya cengkram pada kertas	Permukaan licin	Kertas tidak stabil	3	Umur pakai, gesekan tinggi	6	Penggantian berkala dan lakukan inspeksi visual	4	72
		aus	Kertas slip saat transfer ke delivery	4	Mesin sering stop karena error sensor	5	Bersihkan sistem secara menyeluruh	4	80
Gripper Shaft	Poros penggerak buka-tutup gripper	Seret	Gerakan gripper tidak sinkron	4	Kurang pelumasan	5	Lubrikasi rutin	4	80
		Bengkok	Kertas berjalan miring	4	Kotor	6	Cleaning yang terkena tinta	3	72
		macet	Gripper tidak membuka/menutup dengan sempurna	2	Kertas mudah miss transfer	4	Cek suara abnormal indikasi seret	2	16
			Kertas miring	3	Baut longgar	5	Pengencangan baut	4	60
Gripper Bar	Dudukan dan pengikat gripper	Tidak sejajar	Posisi tidak presisi	2	Getaran mesin	3	Sesuaikan dan setting yang ditentukan	9	54
		Longgar	Penjepitan kertas tidak konsisten	4	Hasil cetak bergeser / tidak simetris	4	Cek visual posisi gripper bar	2	32
		Macet	Gerakan tidak stabil	2	Kurang grease	5	Greasing rutin	4	40
Cam Follower Bearing	Mengikuti pergerakan cam	Roller kasar	Timbul suara kasar	4	Kontaminasi partikel keras	4	Penggantian sebelum kerusakan parah	3	48
		Aus	Timing terganggu	4	Kurang pelumasan pemakaian berlebihan	4	Lubrikasi & pengecekan	4	64
Gripper Spring	Memberikan gaya tekan pada gripper	Lemah	Jepitan tidak kuat	2	Keausan cam	6	Penggantian periode	4	48
			Overlap	3		5	Inspeksi periode	4	60
		Putus	Miss handling kertas	4	Setting salah	5	Setting ulang	4	80

Bearing Shaft	Menopang putaran poros	Overheat	Kerusakan lanjutan	1	Kurang grease	5	Monitoring suhu dan greasing	2	10
		Macet	Kerusakan lebih cepat	3	Lingkungan kerja kotor	3	Pembersihan rutin area mesin dari debu kertas dan tinta	3	27
		Aus	Kertas keluar jalur	4	Baut longgar	6	penyelarasan & pengencangan	4	96
Timing Gear	Sinkronisasi antar mekanisme	Loncat	Timing tidak sinkron	4	Kerusakan	4	Setting ulang	2	32
		Tidak presisi	Kertas miring	4	Setting tidak tepat	5	Kalibrasi ulang	2	40
		Bocor	Kertas crumpled	2	Retak	7	Uji kebocoran	4	56
Vacuum Hose	Menyalurkan vakum ke sistem delivery	Tersumbat	Kertas lengket	2	Umur pakai	6	Cek per periode dan penggantian	4	48
				1	Debu	6	Cleaning harian	4	24
				1	Tinta	6	Cleaning harian	4	24
Suction Brake	Mengontrol kecepatan dan posisi kertas	Lemah	Kertas tidak tertahan dengan baik	4	Tekanan vakum rendah	4	Periksa kebocoran pada hose dan sambungan	4	64
		Macet	Kertas menumpuk	2	vakum lemah	6	Cleaning & cek vakum	4	48
		Tidak berfungsi	Tumpukan tidak rapi	1	Aus	5	Penggantian	2	10
		Tertekuk	Hisap tidak maksimal	5	Selang terlalu panjang atau tidak sesuai	5	Penyesuaian panjang selang dengan mesin	5	125
		Break terlalu kuat	Kertas bisa robek atau rusak	7	Setting vakum terlalu tinggi	5	Gunakan parameter standar (SOP)	3	105

Berdasarkan hasil analisis tabel 2 *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), mode kegagalan berupa *suction brake* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 125. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kerusakan pada komponen tersebut memiliki tingkat risiko yang cukup besar dan dapat memberikan dampak serius terhadap kelancaran proses produksi.

Goodness of Fit dan Pemilihan Distribusi

Tabel 3 dilakukan pengujian *goodness of fit* untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai dalam merepresentasikan karakteristik data secara statistik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan software Minitab 19 guna mengidentifikasi model distribusi yang paling tepat menggambarkan pola data. Pemilihan distribusi didasarkan pada nilai statistik *Anderson–Darling* (AD), di mana distribusi dengan nilai AD paling rendah dianggap memiliki tingkat kesesuaian terbaik terhadap data aktual dibandingkan distribusi lainnya.

Pengolahan data ini bertujuan untuk mengetahui pola kegagalan komponen selama periode pengamatan. Distribusi *Time Between Failure* (TBF) diperoleh dari data lamanya waktu perbaikan yang menunjukkan karakteristik proses pemulihan sistem setelah terjadi kerusakan, sedangkan distribusi *Time to Failure* (TTF) diperoleh dari data interval waktu antar kerusakan komponen

Tabel 3. Data *Suction Break* Terlalu Kuat

Tanggal	TBF (Jam)	TTR (Jam)
01/07/2025	28	-
05/07/2025	28	4,20
09/07/2025	14	3,57
11/07/2025	42	3,97
17/07/2025	49	3,08
24/07/2025	56	1,97
30/07/2025	21	3,38

06/08/2025	14	1,55
14/08/2025	56	3,95
17/08/2025	21	2,4
19/08/2025	14	1,48
27/08/2025	56	3,03
01/09/2025	35	2,97
05/09/2025	28	1,07
12/09/2025	49	2,03
20/09/2025	56	1,83
28/09/2025	56	2
03/10/2025	35	1,68
07/10/2025	28	1,77
11/10/2025	28	2
18/10/2025	49	2,63
23/10/2025	35	1,03
27/10/2025	28	1,07
30/10/2025	21	1,23

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

Tabel 4. Distribusi *Minitab*

Distribusi	AD			
	TBF	Keterangan	TTR	Keterangan
Normal	0,878	Tidak cocok	0,424	Kurang
Exponential	3,807	Cocok	4,474	Tidak cocok
Weibull	0,825	Kurang	0,379	Cocok
Lognormal	0,732	Paling cocok	0,262	Paling cocok

Tabel 4 hasil analisis data TBF menunjukkan pola distribusi lognormal dengan nilai *Anderson–Darling* (AD) sebesar 0,732, sedangkan data TTR juga mengikuti distribusi lognormal dengan nilai AD sebesar 0,262. Distribusi yang terpilih dari hasil pengujian tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Pemilihan distribusi ini dilakukan agar perhitungan parameter keandalan dan waktu perbaikan dapat menggambarkan kondisi data aktual secara lebih tepat, representatif, dan akurat.

Distribusi Lognormal

Gambar 2 distribusi lognormal merupakan distribusi perubah acak kontinu yang mengikuti hukum distribusi normal. Jadi suatu peubah acak kontinu dapat dikatakan berdistribusi lognormal apabila logaritma dari peubah acak tersebut adalah normal. Lognormal dapat digunakan untuk menormalkan suatu data dengan transformasi logaritmanya

ML Estimates of Distribution Parameters			
Distribution	Location	Shape	Scale Threshold
Normal*	35,29167		14,81033
Exponential			35,29167
Weibull		2,68372	39,84956
Lognormal*	3,46875		0,46146

* Scale: Adjusted ML estimate

Gambar 2. Hasil Minitab TBF Distribusi Lognormal

TBF :
 $\mu = 3,46875$
 $s = 0,46146$

Berdasarkan hasil estimasi parameter distribusi menggunakan metode *Maximum Likelihood* (ML), data TBF (*Time Between Failure*) komponen Suction Brake paling sesuai mengikuti distribusi Lognormal dengan nilai parameter $\mu = 3,46875$ dan $s = 0,46146$.

Gambar 3 distribusi lognormal hasil minitab TTR lognormal dengan hasil nilai parameter $\mu = 0,60298$ dan $s = 0,37119$

ML Estimates of Distribution Parameters			
Distribution	Location	Shape	Scale Threshold
Normal*	1,95174		0,73688
Exponential			1,95174
Weibull		2,85768	2,19169
Lognormal*	0,60298		0,37119

* Scale: Adjusted ML estimate

Gambar 3 Hasil Minitab TTR Distribusi Lognormal

TTR :
 $\mu = 0,60298$
 $s = 0,37119$

Berdasarkan hasil estimasi parameter distribusi menggunakan metode *Maximum Likelihood* (ML), data TTR (*Time to Repair*) komponen Suction Brake paling sesuai mengikuti distribusi Lognormal dengan nilai parameter $\mu = 0,60298$ dan $s = 0,37119$

Nilai-nilai parameter yang telah didapatkan kemudian digunakan sebagai pedoman dalam menghitung *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR), sehingga estimasi keandalan serta waktu perbaikan bisa ditentukan berdasarkan karakteristik data yang telah dianalisis.

Mean Time Between Failure (MTBF)

Perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dalam studi ini dilaksanakan dengan menerapkan metode distribusi lognormal sehingga saat melakukan perhitungan, diterapkan parameter μ (rata-rata logaritmik) dan deviasi standar lognormal (s) yang didapat dari estimasi parameter distribusi [15].

$$\begin{aligned}
 t_{med} &= \exp^{\mu} \\
 &= \exp^{3,46875} \\
 &= 32,09660 \\
 s &= 0,46146 \\
 \text{MTBF} &= t_{med} \times e^{\frac{s^2}{2}} \\
 &= 32,09660 \times e^{\left(\frac{0,10647^2}{2}\right)} \\
 &= 32,09660 \times 1,11235 \\
 &= 35,70257
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{med} &= \exp^{\mu} \\
 &= \exp^{0,60298} \\
 &= 1,828 \\
 s &= 0,37119 \\
 \text{MTTR} &= t_{med} \times e^{\frac{s^2}{2}} \\
 &= 1,828 \times e^{\left(\frac{0,06889^2}{2}\right)} \\
 &= 1,828 \times 1,07132 \\
 &= 1,958 = 1,96
 \end{aligned}$$

Hasil yang diperoleh dari MTBF sebesar 35.702 detik atau 25 hari menunjukkan rata-rata durasi yang diperlukan untuk melakukan perbaikan hingga komponen dapat berfungsi dengan normal kembali. Nilai MTTR yang mencapai 1.96 jam mengindikasikan bahwa secara rata-rata komponen *suction break* mengalami kerusakan.

Reliability

Setelah parameter distribusi *lognormal* dan nilai MTBF berhasil ditentukan, langkah berikutnya adalah menghitung nilai keandalan komponen. Berikut adalah perhitungan berdasarkan distribusi *lognormal*:

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - \Phi \left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \\ R(t) &= 1 - \Phi \left(\frac{1}{0.37119} \ln \frac{35}{1,828} \right) \\ R(t) &= 1 - \Phi (0.185595) \\ R(t) &= 1 - (0.57462) \\ R(t) &= 0.42638 = 43\% \end{aligned}$$

Hasil ini mengindikasikan bahwa komponen tetap dapat berfungsi secara efisien sampai waktu operasional 300 jam, dengan tingkat keandalan sekitar 43% dan kemungkinan terjadinya kerusakan mencapai 57%. Untuk memperbaiki nilai keandalan komponen dalam penelitian ini, Agar pemeliharaan dapat dilakukan sebelum risiko kegagalan meningkat dan menghasilkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - \Phi \left(\frac{1}{\sigma} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \\ R(t) &= 1 - \Phi \left(\frac{1}{0.37119} \ln \frac{1500}{0.1828} \right) \\ R(t) &= 1 - \Phi (-1.081823659) \\ R(t) &= 1 - (0.140) \\ R(t) &= 0.860 = 86\% \end{aligned}$$

Berdasarkan temuan tersebut, ditunjukkan bahwa penggunaan interval pemeliharaan yang lebih singkat dapat secara signifikan meningkatkan tingkat keandalan komponen. Tingkat keandalan mengalami peningkatan dari 43% menjadi sekitar 86%, yang mengindikasikan bahwa kemungkinan komponen berfungsi dengan baik meningkat setelah dilakukan pemeliharaan pada interval yang lebih efisien. Oleh karena itu, penerapan strategi pemeliharaan pada interval 300 jam operasi dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan komponen dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan dalam mendukung kelancaran operasional.

Availability

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) sebesar 1.933825 jam dan *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 37,24392 jam. Dengan menggunakan rumus *availability*:

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100\% \\ &= \frac{35.70257}{35.70257 + 1.957897} \times 100\% \\ &= 0.9480 = 94.80\% \end{aligned}$$

Diperoleh nilai *availability* sebesar 0,9480 atau 94.80%, yang menunjukkan bahwa elemen *suction break* memiliki tingkat kesiapan fungsi yang sangat tinggi. Hal ini berarti komponen mengalami *downtime* 5.20 % dari total waktu operasional. Untuk meningkatkan *availability*, perusahaan dapat melakukan pengecekan rutin pada kondisi vacuum, selang udara, filter, dan *suction pad*, membersihkan debu serta sisa kertas dan tinta pada sistem *suction*, meningkatkan kemampuan operator dalam mendeteksi gejala awal kerusakan, serta melakukan inspeksi harian terhadap suara abnormal, getaran, dan performa hisapan *suction break*.

E. Analisa dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance II* (RCM II), komponen *suction brake* pada mesin KBA Rapida 106 memiliki tingkat risiko kerusakan yang cukup tinggi dengan nilai RPN sebesar 125 pada mode kegagalan *suction brake* tertekuk. Kerusakan ini berdampak pada terganggunya proses *feeder* kertas dan meningkatnya *downtime* produksi. *Time Between Failure* dan *Time To Repair* bulan juli sampai oktober cukup tinggi dengan rentang waktu antar kerusakan 2 hingga 8 hari sedangkan TTR waktu perbaikan 14 hingga 56 jam. Hasil pengujian *goodness of fit* menunjukkan bahwa data TBF mengikuti distribusi *lognormal* dengan nilai AD 0,732 terkecil dibandingkan distribusi lainnya dan data TTR mengikuti distribusi *lognormal* dengan nilai AD 0,262. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai MTBF sebesar 35.702 detik atau 25 hari dan MTTR sebesar 1.96 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa frekuensi kerusakan masih terbilang cukup rendah dan waktu perbaikan relatif cepat. Nilai *reliability* awal sebesar 43% bahwa kemungkinan komponen bekerja dengan baik namun masih rendah. Setelah dilakukan usulan interval *preventive maintenance* yang lebih tepat, nilai *reliability* meningkat menjadi 86%. Dengan nilai *availability* sebesar 94.80 % menunjukkan bahwa tingkat kesiapan operasi komponen masih optimal. Diperlukan langkah perbaikan dengan cara pemeriksaan rutin vacuum, selang udara, filter, dan *suction pad*, serta inspeksi harian untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin.

F. Analisa dan Pembahasan

Penelitian menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* II (RCM II) menghasilkan beberapa usulan perbaikan pada mesin KBA Rapida 106, khususnya komponen *suction brake*, untuk meningkatkan *reliability* dan *availability* mesin serta meminimalkan *downtime*. Rekomendasi utama meliputi penjadwalan *preventive maintenance* secara berkala berdasarkan nilai MTBF 35.702 detik atau 25 hari dan nilai MTTR yang mencapai 1.96 jam kerja, pengecekan rutin pada vacuum, selang udara, filter, dan suction pad, serta pembersihan debu, sisa kertas, dan tinta agar performa sistem hisap tetap optimal. Selain itu, perusahaan disarankan menyediakan stok suku cadang kritis guna mempercepat proses perbaikan serta meningkatkan kemampuan operator dan teknisi melalui pelatihan inspeksi harian, deteksi dini kerusakan, dan penerapan SOP pengoperasian mesin untuk mengurangi human error dan mendukung kelancaran proses produksi.

V. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa data *Time Between Failure* (TBF) mengikuti distribusi *lognormal* dengan nilai *Anderson-Darling* sebesar 0,732, sedangkan data *Time To Repair* (TTR) mengikuti distribusi *lognormal* dengan nilai AD sebesar 0,262. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai MTBF sebesar 35.702 detik atau 25 hari dan nilai MTTR sebesar 1.96 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa komponen masih sering mengalami kerusakan dan membutuhkan waktu perbaikan yang tergolong cukup lama. Selain itu, nilai *reliability* awal sebesar 43% menunjukkan tingkat keandalan komponen masih rendah. Setelah dilakukan usulan jadwal *preventive maintenance* dengan interval yang lebih tepat, nilai *reliability* meningkat menjadi 86%. Sehingga membuktikan bahwa penjadwalan perawatan yang lebih efektif mampu meningkatkan keandalan operasi mesin namun nilai *availability* sebesar 94.80 % menunjukkan bahwa tingkat kesiapan operasi mesin masih tinggi. Dengan demikian, penelitian ini berhasil mengevaluasi efektivitas jadwal *preventive maintenance*, menyusun rekomendasi jadwal perawatan yang lebih efisien, serta menilai efektivitas program perawatan dalam meningkatkan keandalan mesin Rapida 106. Penetapan inspeksi rutin, pembersihan sistem *suction*, pemeriksaan vacuum dan filter, serta peningkatan kemampuan operator diharapkan mampu mengurangi *downtime* dan meningkatkan kinerja mesin secara keseluruhan.

REFERENSI

- [1] G. Muhaemin and A. E. Nugraha, "Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ," *J. Ilm. Wahana Pendidik*, vol. 8, no. 9, pp. 205–219, 2022.
- [2] 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.
- [3] E. Firdah Lestari and S. Mundari, "Analisis Efektivitas Mesin Heidelberg SM72-FP dalam Upaya Meminimalisir Penyebab Downtime pada Perusahaan Offset Printing," *J. Surya Tek.*, vol. 11, no. 2, pp. 574–584, 2024.
- [4] M. D. Cahyono, F. Achmadi, and N. Y. Sari, "Menggunakan Metode Rcm Dan Ompm Pada Perusahaan Pt . Xyz," *J. Tekmapro*, vol. 16, no. 01, pp. 48–58, 2021.
- [5] M. A. C. Roring, P. A. Ginoga, R. Ibrahim, R. C. Rompas, A. Yusupa, and S. D. E. Paturusi, "E-issn : 2988-1986," *Multidisiplin Saintek*, vol. 8, no. 5, pp. 1–16, 2025.
- [6] I. B. Pamungkas, H. Rachmat, and A. Kurniawati, "Pengembangan Program Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm Ii) Dan Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Plant Ammonia Pt Pupuk Kujang 1a," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 01, pp. 99–105, 2023.
- [7] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 02, p. 31, 2023.
- [8] M. N. Ramadhan Siregar, "Implementasi Reliability Centered Maintenance Ii (RCM Ii) Dalam Penentuan Preventive Maintenance Pada Mesin Screw Press (Pressing)," no. Rcm Ii, 2024.
- [9] A. Amirudin *et al.*, "Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II Di PT Naga Laut Timur," vol. 2, no. 3, 2023.
- [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.
- [11] M. H. Aiman and M. Nuruddin, "Analisis Kecacatan Produk Pada Mesin Pemotongan Dengan Menggunakan Metode FMEA di UD. Abdi Rakyat," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, p. 577, 2023.
- [12] R. H. Fadila, P. N. Sabrina, and H. Ashaury, "Refactoring Untuk Meningkatkan Kualitas Reliabilitas Dan Correctness Pada Sistem Manajemen Sekolah Berbasis Web," pp. 321–326, 2024.

- [13] T. Latifah Ahmad and R. Novitanto, "Analisis Performance Band Service Mesin Atb-I3 Dengan Perhitungan Availability," *J. Sains Ilmu Teknol. Ind. Ed.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2024.
- [14] Joni Apriyanto, "Perancangan dan Penerapan Sistem Informasi Maintenance di PT. XYZ untuk Mengukur Kinerja Mesin," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 4, pp. 399–411, 2024.
- [15] T. A. Rizkiyani, "Analisis Perawatan Dan Perbaikan Mesin Wood Pellet Dengan Metode Reliability Centered Maintena Nce (Rcm) Di Pt . Skai Cilacap Jawa Tengah," vol. 03, no. 02, pp. 144–150, 2026.

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.