

Analisis Strategi Pemeliharaan Mesin HP DesignJet Z6810 menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Rifki Muhammad Nasrullah^(*)

Program Studi Teknik Industri, Universitas Widyatama, Kota Bandung

nasrullah.2064@widyatama.ac.id

^(*)corresponding author

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi pemeliharaan mesin HP DesignJet Z6810 di PT XYZ menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi *downtime*. Penelitian dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, serta analisis data historis kerusakan. Metode yang digunakan meliputi identifikasi komponen kritis, *analisis Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), serta perhitungan indikator keandalan berupa *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Availability*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Flex Cable Data* dan *Flex Cable Print Head* merupakan komponen paling kritis dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) masing-masing sebesar 378 dan 240. Kondisi awal mesin memiliki nilai MTBF sebesar 1.233 jam, MTTR sebesar 38,25 jam, dan *Availability* sebesar 96,99%. Penerapan strategi RCM melalui *time-based preventive maintenance* pada komponen kritis dan *Condition-Based maintenance* pada komponen pendukung diproyeksikan mampu meningkatkan MTBF menjadi 3.275 jam, menurunkan MTTR menjadi 10 jam, serta meningkatkan *Availability* menjadi 99,69%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan RCM dapat meningkatkan keandalan mesin, mengurangi frekuensi kerusakan, serta mendukung kelancaran proses produksi di PT XYZ.

Kata Kunci: *Availability*; FMEA, HP DesignJet Z6810, MTBF, *Reliability Centered Maintenance*.

I. Pendahuluan

Keandalan mesin merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga kelancaran proses produksi dan meningkatkan produktivitas perusahaan (Karibo, 2017). Mesin yang beroperasi secara terus-menerus memiliki risiko mengalami penurunan performa akibat keausan komponen maupun kegagalan sistem. Apabila perusahaan masih menerapkan sistem pemeliharaan yang bersifat *corrective maintenance*, yaitu melakukan perbaikan setelah kerusakan terjadi, maka risiko *downtime*, keterlambatan produksi, dan meningkatnya biaya pemeliharaan akan semakin besar. Oleh karena itu, diperlukan strategi pemeliharaan yang mampu mengidentifikasi potensi kegagalan sejak dini sehingga keandalan mesin dapat dipertahankan secara optimal.

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang ritel furnitur dan perlengkapan rumah tangga yang beroperasi secara global, termasuk di Indonesia. Dalam menjalankan operasional toko perusahaan ini sangat mengutamakan media komunikasi visual sebagai sarana penyampaian informasi kepada pelanggan. Dalam memproduksi media komunikasi Perusahaan ini menggunakan mesin HP DesignJet Z6810 sebagai salah satu aset utamanya. Berdasarkan hasil observasi, mesin tersebut beroperasi rata-rata 9 jam per hari atau sekitar 3.285 jam per tahun. Selama periode pengamatan, sistem pemeliharaan yang diterapkan masih bersifat *corrective maintenance* sehingga tindakan perbaikan hanya dilakukan ketika mesin mengalami kerusakan. Data historis menunjukkan terdapat tiga kejadian kerusakan utama pada komponen *Flex Cable Data* dan *Flex Cable Print Head* dengan total *downtime* mencapai 153 jam selama periode observasi. Kondisi tersebut menyebabkan terganggunya proses produksi karena perusahaan harus menunggu ketersediaan teknisi maupun suku cadang dari pihak vendor.

Berbagai penelitian telah mengkaji penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai pendekatan dalam menentukan strategi pemeliharaan yang efektif. Juwando & Purnama, (2023) menunjukkan bahwa penerapan RCM mampu meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan melalui penentuan interval perawatan yang sesuai dengan tingkat kritikalitas komponen. Mahendra et al., (2021)

juga menjelaskan bahwa pendekatan *Reliability and Risk Centered Maintenance* dapat meningkatkan keandalan mesin sekaligus menurunkan risiko kegagalan melalui analisis fungsi dan mode kegagalan setiap komponen. Selain itu, Nur & Haris, (2019) menyatakan bahwa penerapan strategi pemeliharaan yang tepat memberikan dampak positif terhadap peningkatan efektivitas mesin dan produktivitas perusahaan.

Meskipun demikian, penelitian mengenai penerapan metode RCM pada mesin *large format Printer*, khususnya HP DesignJet Z6810, masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak diterapkan pada mesin produksi di sektor manufaktur sehingga karakteristik kegagalan pada mesin percetakan digital belum banyak dikaji. Padahal mesin HP DesignJet Z6810 memiliki karakteristik yang berbeda karena memadukan komponen mekanik, elektronik, dan sistem transmisi data yang saling terintegrasi. Kondisi tersebut menunjukkan masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu dikaji lebih lanjut (Juwandono & Purnama, 2023).

Penelitian ini menawarkan penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* yang dipadukan dengan analisis *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) serta perhitungan indikator keandalan berupa *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Availability*. Pendekatan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis, menentukan prioritas tindakan pemeliharaan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), serta mengevaluasi peningkatan keandalan mesin setelah penerapan strategi pemeliharaan yang diusulkan. Integrasi antara analisis FMEA dan indikator keandalan pada mesin HP DesignJet Z6810 menjadi kontribusi penelitian ini dalam memberikan rekomendasi program pemeliharaan yang lebih sistematis dan sesuai dengan kondisi operasional perusahaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keandalan mesin HP DesignJet Z6810 menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*, mengidentifikasi komponen yang memiliki tingkat risiko kegagalan tertinggi melalui analisis FMEA, serta menyusun rekomendasi strategi pemeliharaan yang mampu meningkatkan nilai *Availability*, mengurangi *downtime*, dan mendukung keberlangsungan proses produksi di PT XYZ.

II. Studi Literatur

Pemeliharaan (*maintenance*) merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan atau mengembalikan kondisi peralatan agar tetap dapat beroperasi sesuai fungsi yang diharapkan. Tujuan utama pemeliharaan adalah meminimalkan terjadinya kerusakan, mengurangi *downtime*, serta meningkatkan keandalan dan umur pakai peralatan. Dalam praktiknya, strategi pemeliharaan dapat dilakukan melalui *corrective maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, maupun *Condition-Based Maintenance* (CBM), sesuai dengan karakteristik dan tingkat kritikalitas mesin (Afiva et al., 2020).

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan metode pemeliharaan yang berfokus pada identifikasi fungsi sistem, mode kegagalan, penyebab kegagalan, serta konsekuensi yang ditimbulkan untuk menentukan strategi pemeliharaan yang paling efektif (Saidi & Azara, 2020). Penerapan RCM mampu membantu perusahaan dalam menentukan prioritas pemeliharaan berdasarkan tingkat risiko setiap komponen sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien dan keandalan mesin dapat ditingkatkan (Mahendra et al., 2021).

Salah satu metode yang umum digunakan dalam penerapan RCM adalah *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan kegagalan beserta dampaknya terhadap sistem. Prioritas penanganan ditentukan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang diperoleh dari perkalian nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi pula prioritas tindakan pemeliharaan yang harus dilakukan (Hendryanto et al., 2023). Selain analisis FMEA, tingkat keandalan mesin juga dapat dievaluasi menggunakan indikator *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Availability*. MTBF menunjukkan rata-rata waktu operasi mesin sebelum mengalami kegagalan, MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan, sedangkan *Availability* menggambarkan tingkat kesiapan mesin untuk beroperasi. Ketiga indikator tersebut banyak digunakan untuk mengevaluasi efektivitas strategi pemeliharaan yang diterapkan (Mahendra et al., 2021).

Penelitian Juwandono & Purnama, (2023) menunjukkan bahwa penerapan metode RCM mampu meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan melalui penentuan interval perawatan yang lebih tepat sehingga frekuensi kerusakan mesin dapat dikurangi. Sementara itu, Mahendra et al., (2021) melaporkan bahwa penerapan *Reliability and Risk Centered Maintenance* pada mesin produksi berhasil meningkatkan keandalan peralatan sekaligus menurunkan risiko kegagalan komponen. Hasil penelitian tersebut menjadi dasar dalam penerapan metode RCM pada mesin HP DesignJet Z6810 untuk memperoleh rekomendasi strategi pemeliharaan yang lebih efektif sesuai dengan kondisi operasional perusahaan.

III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus pada mesin HP DesignJet Z6810 yang digunakan sebagai mesin utama dalam proses produksi media komunikasi visual di PT XYZ. Penelitian dilakukan untuk menganalisis tingkat keandalan mesin serta menyusun usulan strategi pemeliharaan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap kondisi mesin serta wawancara dengan operator mengenai sistem pemeliharaan yang diterapkan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari data historis kerusakan mesin, waktu *downtime*, jam operasi mesin, dan dokumen pendukung lainnya yang berkaitan dengan aktivitas pemeliharaan.

Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi kondisi aktual sistem pemeliharaan dan pengumpulan data historis kerusakan mesin. Selanjutnya dilakukan identifikasi komponen kritis berdasarkan frekuensi kerusakan dan dampak yang ditimbulkan terhadap proses produksi. Komponen yang telah diidentifikasi kemudian dianalisis menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* (Mahendra et al., 2021). Setelah analisis FMEA dilakukan, tingkat keandalan mesin dievaluasi melalui perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Availability* berdasarkan data historis kerusakan. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi strategi pemeliharaan menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dengan tujuan meningkatkan keandalan mesin, mengurangi *downtime*, dan meningkatkan ketersediaan mesin dalam mendukung proses produksi.

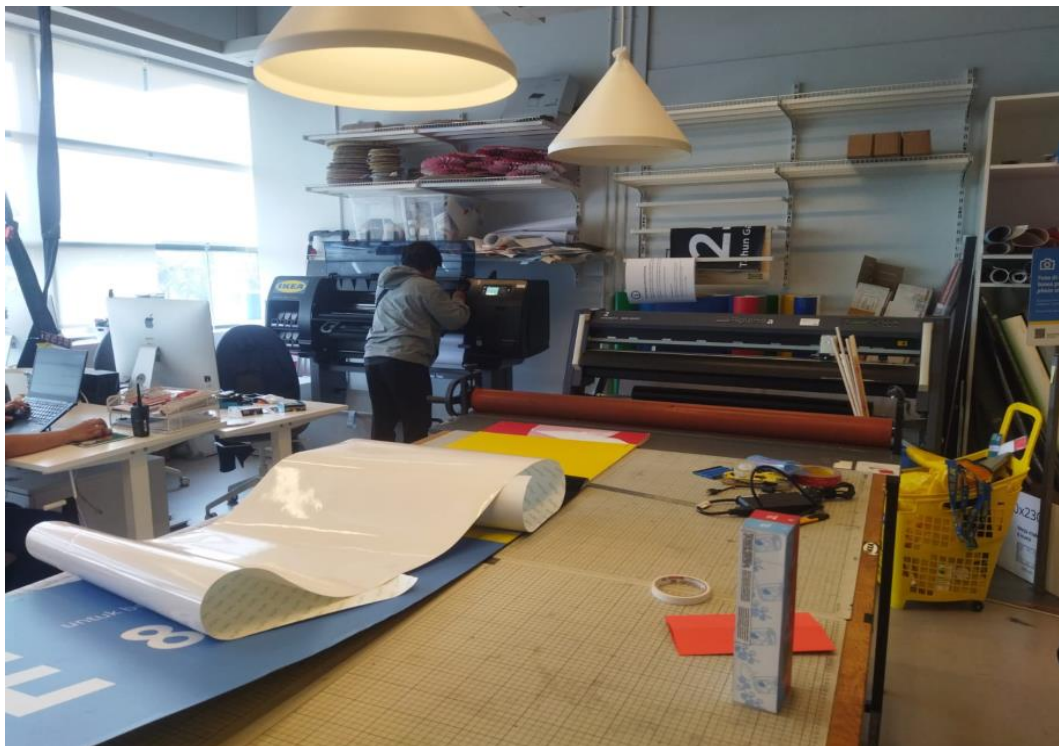
IV. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keandalan mesin HP DesignJet Z6810 melalui penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemeliharaan yang diterapkan perusahaan masih bersifat *corrective maintenance*, sehingga tindakan perbaikan dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan. Kondisi tersebut menyebabkan waktu *downtime* relatif tinggi dan berdampak pada terhambatnya proses produksi. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap komponen kritis menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), kemudian dievaluasi tingkat keandalannya melalui perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Availability*. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi strategi pemeliharaan yang lebih efektif untuk meningkatkan keandalan mesin.

a. Kondisi Aktual Mesin dan Sistem Pemeliharaan

Berdasarkan hasil observasi langsung dan wawancara dengan pihak perusahaan, mesin HP DesignJet Z6810 merupakan mesin utama yang digunakan dalam proses pencetakan media komunikasi visual di PT XYZ. Mesin ini beroperasi setiap hari dan memiliki tingkat utilisasi yang tinggi karena menjadi peralatan utama dalam mendukung kegiatan produksi. Bahkan ketika toko tidak beroperasi, mesin tidak dimatikan sepenuhnya, melainkan berada pada kondisi *sleep mode* agar tetap siap digunakan ketika diperlukan. Berdasarkan rata-rata waktu operasional selama 9 jam per hari, total waktu operasi mesin diperkirakan mencapai sekitar 3.285 jam per tahun. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem pemeliharaan yang diterapkan perusahaan masih bersifat *corrective maintenance*, yaitu tindakan perbaikan hanya dilakukan ketika mesin mengalami kerusakan dan tidak dapat beroperasi secara normal. Selain itu, perusahaan belum

memiliki jadwal pemeliharaan preventif yang terstruktur serta masih bergantung pada vendor untuk proses perbaikan maupun penyediaan teknisi. Kondisi tersebut menyebabkan waktu *downtime* menjadi relatif tinggi karena proses perbaikan tidak dapat dilakukan secara langsung ketika kerusakan terjadi. Selama periode observasi, perusahaan telah melakukan dua kali perbaikan pada tahun sebelumnya dan dua kali perbaikan pada tahun berjalan, meskipun tahun tersebut belum berakhir. Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan frekuensi kerusakan yang berpotensi mengganggu kelancaran proses produksi. Berikut kondisi ruang kerja dan lokasi mesin yang sedang diperbaiki.



Gambar 1 Kondisi mesin sedang diperbaiki dan ruang kerja di PT XYZ

Temuan penelitian menunjukkan bahwa penerapan *corrective maintenance* pada mesin dengan tingkat utilisasi tinggi kurang efektif dalam menjaga keandalan mesin. Strategi pemeliharaan yang bersifat reaktif menyebabkan kerusakan baru ditangani setelah mengganggu proses produksi, sehingga waktu perbaikan menjadi lebih lama dan berdampak pada peningkatan *downtime*. Kondisi ini sejalan dengan pendapat Jambol et al., (2024) yang menyatakan bahwa *corrective maintenance* memiliki kelemahan berupa tingginya risiko penghentian produksi secara mendadak akibat tidak adanya tindakan pencegahan sebelum kerusakan terjadi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pemeliharaan yang lebih sistematis agar potensi kegagalan komponen dapat diidentifikasi lebih awal dan tindakan pemeliharaan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar.

b. Identifikasi Komponen Kritis

Tahap awal dalam penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah mengidentifikasi komponen-komponen yang memiliki tingkat kritikalitas tinggi terhadap kinerja mesin. Identifikasi dilakukan berdasarkan data historis kerusakan selama periode observasi serta hasil wawancara dengan operator mesin. Data historis kerusakan memberikan informasi mengenai jenis komponen yang mengalami kegagalan, gejala kerusakan, durasi *downtime*, serta tindakan perbaikan yang telah dilakukan. Data tersebut menjadi dasar dalam menentukan komponen yang perlu diprioritaskan dalam penyusunan strategi pemeliharaan.

Tabel 1 Data Historis Kerusakan Mesin HP DesignJet Z6810

No.	Periode	Komponen Rusak	Gejala	Downtime (Jam)	Jenis Perbaikan
1	Tahun Sebelumnya (2025) terjadi 2 kali	<i>Flex Cable Data (PC to Printer)</i>	Printer tidak terdeteksi komputer, gagal cetak	72	Penggantian komponen
2	Tahun Berjalan (2026) - Insiden 1	<i>Flex Cable Print Head</i>	Warna cetak tidak akurat, garis putus, banding	45	<i>Service</i> komponen
3	Tahun Berjalan (2026) - Insiden 2	<i>Flex Cable Data (PC to Printer)</i>	Komunikasi Printer terputus, mesin offline	36	Penggantian komponen

Berdasarkan data historis kerusakan, diketahui bahwa komponen *Flex Cable Data (PC to Printer)* mengalami kerusakan sebanyak tiga kali selama periode observasi dua kali di tahun sebelumnya dan satu kali di tahun berjalan dengan total *downtime* terbesar dibandingkan komponen lainnya. Sementara itu, *Flex Cable Print Head* mengalami satu kali kerusakan yang berdampak pada penurunan kualitas hasil cetak. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kedua komponen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keberlangsungan proses produksi karena kerusakannya dapat menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi maupun menghasilkan kualitas cetak yang tidak sesuai standar.

Tabel 2 Identifikasi komponen kritis mesin HP DesignJet Z6810

No.	Komponen	Fungsi	Tingkat Kritikalitas	Frekuensi Kerusakan	Dampak Kerusakan
1	<i>Flex Cable Data (PC to Printer)</i>	Transmisi data dari komputer ke Printer	KRITIS	3x (dalam periode observasi)	Mesin tidak terdeteksi, gagal cetak total
2	<i>Flex Cable Print Head</i>	Transmisi informasi warna ke Print Head	KRITIS	1x (dalam periode observasi)	Kualitas cetak buruk, warna terdapat bercak hitam
3	<i>Print Head</i>	Menyemprotkan tinta ke media cetak	TINGGI	Potensi (tersumbat/aus)	Kualitas cetak menurun, banding
4	<i>Ink Cartridge</i>	Menyimpan tinta pigmen untuk cetak	SEDANG	Konsumsi rutin	Kehabisan tinta, proses cetak berhenti
5	<i>Carriage Assembly</i>	Menggerakkan Print Head saat mencetak	SEDANG	Potensi (kelelahan mekanis)	Gerakan tidak presisi, kualitas turun

Hasil identifikasi komponen kritis menunjukkan bahwa *Flex Cable Data (PC to Printer)* dan *Flex Cable Print Head* dikategorikan sebagai komponen dengan tingkat kritikalitas tinggi karena memiliki frekuensi kerusakan paling tinggi dan berdampak langsung terhadap operasional mesin. Kerusakan pada *Flex Cable Data* menyebabkan komunikasi antara komputer dan mesin terputus sehingga proses pencetakan tidak dapat dilakukan, sedangkan kerusakan pada *Flex Cable Print Head* mengakibatkan hasil cetak mengalami banding, garis putus-putus, dan penurunan akurasi warna. Sementara itu, komponen lain seperti *Print Head*, *Ink Cartridge*, dan *Carriage Assembly* memiliki tingkat risiko yang lebih rendah karena belum menunjukkan frekuensi kegagalan yang tinggi selama periode pengamatan.

Temuan ini menunjukkan bahwa komponen berbasis *Flex Cable* merupakan bagian yang paling rentan mengalami kegagalan pada mesin HP DesignJet Z6810. Tingginya frekuensi kerusakan diduga dipengaruhi oleh gerakan berulang selama proses pencetakan, paparan panas, serta umur pakai komponen yang terus meningkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kedua komponen perlu menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi pemeliharaan berbasis RCM agar potensi kerusakan dapat dikurangi dan keandalan mesin dapat ditingkatkan.

c. Analisis *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA)

Setelah komponen kritis berhasil diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi setiap mode kegagalan yang berpotensi terjadi pada komponen kritis, mengetahui penyebab dan dampak kegagalan, serta menentukan tingkat prioritas penanganan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) (Mahendra et al., 2021). Penilaian dilakukan menggunakan tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S),

Occurrence (O), dan *Detection* (D), kemudian dihitung menggunakan persamaan $RPN = S \times O \times D$. Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi pula prioritas tindakan pemeliharaan yang harus dilakukan.

Tabel 3 FMEA mesin HP DesignJet Z6810

Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Dampak Kegagalan	S	O	D	RPN
Flex Cable Data (PC-Printer)	Putus/Short Circuit	Tekukan berulang, panas berlebih, kualitas kabel	Printer tidak terdeteksi komputer, gagal cetak total	9	7	6	378
Flex Cable Print Head	Degradasi/Kerusakan Sinyal	Tekukan berulang saat carriage bergerak, umur pakai	Warna tidak akurat, garis putus-putus, <i>banding effect</i>	8	6	5	240
Print Head	Penyumbatan nozzle	Tinta kering, tidak digunakan lama, kualitas tinta	Kualitas cetak menurun, warna tidak konsisten	7	5	4	140
Print Head	Kebocoran Tinta	Segel rusak, tekanan tidak seimbang	Kontaminasi media cetak, kerusakan komponen sekitar	7	3	5	105
Carriage Assembly	Gerak Tidak Presisi	<i>Bearing</i> aus, rel kotor, pelumas habis	Hasil cetak tidak presisi, <i>misalignment</i> warna	6	4	5	120
Encoder Strip	Kotor/Rusak	Debu tinta, penanganan tidak hati-hati	<i>Error</i> posisi carriage, mesin berhenti otomatis	7	3	4	84
Ink Cartridge	Kehabisan Tinta	Konsumsi penggunaan tinggi, kurang monitoring	Proses cetak berhenti sementara	5	7	2	70

Berdasarkan hasil analisis FMEA, komponen *Flex Cable Data* (PC to Printer) memperoleh nilai RPN tertinggi sebesar 378, diikuti oleh *Flex Cable Print Head* dengan nilai RPN sebesar 240. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua komponen memiliki tingkat risiko kegagalan paling tinggi dibandingkan komponen lainnya sehingga menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi pemeliharaan. Sementara itu, komponen *Print Head*, *Carriage Assembly*, *Encoder Strip*, dan *Ink Cartridge* memiliki nilai RPN yang lebih rendah sehingga tindakan pemeliharaan dapat disesuaikan dengan tingkat kritikalitas masing-masing komponen.

Nilai RPN yang tinggi pada *Flex Cable Data* dipengaruhi oleh tingginya tingkat keparahan (*Severity*) dan frekuensi kejadian (*Occurrence*). Kerusakan pada komponen ini menyebabkan komunikasi antara komputer dan *Printer* terputus sehingga mesin tidak dapat menerima perintah pencetakan dan proses produksi berhenti sepenuhnya. Selain itu, komponen ini mengalami tekukan berulang selama proses operasional yang menyebabkan risiko putus atau *short circuit* meningkat seiring bertambahnya umur pakai. Kondisi tersebut menjadikan *Flex Cable Data* sebagai komponen yang paling kritis dalam sistem mesin HP DesignJet Z6810.

Komponen *Flex Cable Print Head* juga menunjukkan nilai RPN yang relatif tinggi. Kerusakan pada komponen ini tidak menghentikan operasi mesin secara total, namun menyebabkan kualitas hasil cetak menurun, seperti munculnya garis putus-putus (*banding*), ketidakakuratan warna, dan bercak pada media cetak. Meskipun dampaknya tidak sebesar kerusakan pada *Flex Cable Data*, penurunan kualitas produk tetap berpotensi menimbulkan pemborosan material dan menurunkan kepuasan pelanggan apabila tidak segera ditangani.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar kegagalan terjadi pada komponen yang mengalami pergerakan berulang dan memiliki umur pakai tertentu. Oleh karena itu, strategi pemeliharaan berbasis *Time-Based Preventive Maintenance* lebih sesuai diterapkan pada kedua komponen tersebut dibandingkan pendekatan *corrective maintenance*. Hasil ini sejalan dengan penelitian Mahendra et al., (2021) yang menyatakan bahwa nilai RPN dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas pemeliharaan sehingga sumber daya perusahaan dapat difokuskan pada komponen yang memiliki tingkat risiko kegagalan paling tinggi.

d. Perhitungan MTBF, MTTR, dan Availability

Setelah prioritas komponen kritis ditentukan melalui analisis FMEA, dilakukan evaluasi tingkat keandalan mesin menggunakan indikator *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *Availability*. Ketiga indikator tersebut digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual keandalan mesin sekaligus mengevaluasi potensi peningkatan kinerja setelah penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) (Sunaryo et al., 2018). Perhitungan dilakukan berdasarkan data historis kerusakan selama periode observasi selama 1,5 tahun

Berdasarkan data penelitian, total waktu operasi mesin selama periode observasi adalah 4.932 jam dengan total waktu operasi efektif sebesar 4.779 jam dan jumlah kejadian kerusakan sebanyak 4 kali. Berdasarkan data tersebut, kemudian menghitung nilai MTBF sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{Total\ Waktu\ Operasi\ Efektif}{Jumlah\ Kegagalan}$$

$$= \frac{4.932\ jam}{4} = 1233\ jam$$

Nilai MTBF sebesar 1233 jam menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi rata-rata selama 1233 jam sebelum mengalami kerusakan berikutnya. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa interval antar kerusakan masih relatif pendek sehingga keandalan mesin belum optimal. Kondisi ini dipengaruhi oleh sistem pemeliharaan yang masih bersifat reaktif, sehingga tindakan pemeliharaan baru dilakukan setelah terjadi kegagalan komponen. Akibatnya, potensi kerusakan yang sebenarnya dapat dicegah berkembang menjadi kerusakan yang menghentikan proses produksi.

Indikator berikutnya adalah *Mean Time to Repair* (MTTR), yaitu rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan mesin ke kondisi operasional setelah mengalami kerusakan.

$$MTTR = \frac{Total\ Waktu\ Perbaikan}{Jumlah\ Perbaikan}$$

$$= \frac{(72 + 45 + 36)}{4} = 38,25\ jam$$

Nilai MTTR sebesar 38,25 jam menunjukkan bahwa proses pemulihan mesin masih memerlukan waktu yang cukup lama. Lamanya waktu perbaikan dipengaruhi oleh belum tersedianya teknisi khusus di perusahaan yang membuat ketergantungan terhadap vendor dalam pelaksanaan perbaikan maupun penyediaan *spare part*. Selain itu PT. XYZ tidak memiliki vendor tetap yang berdampak juga pada lamanya proses perbaikan karena pencarian dan ketersediaan vendor yang dinilai cukup baik dalam kompetensi perbaikan mesin ini terbatas. Kondisi tersebut menyebabkan waktu *downtime* meningkat dan mengurangi efektivitas proses produksi. Kemudian dilakukan perhitungan tingkat ketersediaan mesin menggunakan indikator *Availability* sebagai berikut:

$$Availability = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\%$$

$$= \frac{1233}{(1233 + 38,25)} \times 100\% = 96,99\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Availability* sebesar 96,99%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mesin memiliki tingkat ketersediaan yang cukup baik, namun masih terdapat peluang peningkatan melalui penerapan strategi pemeliharaan yang lebih efektif.

Melalui penerapan metode RCM, perusahaan diproyeksikan melakukan penggantian *Flex Cable* secara preventif setiap enam bulan serta menyediakan *spare part* di lokasi. Strategi tersebut diperkirakan mampu menurunkan frekuensi kerusakan menjadi satu kali per tahun, meningkatkan nilai MTBF menjadi 3.275 jam per tahun karena di kurangi 10 jam untuk total waktu perbaikan yang berasal dari MTTR yang diturunkan menjadi 10 jam, serta meningkatkan *Availability* menjadi 99,69%.

$$Availability (Target RCM) = \frac{3275}{(3275 + 3285)} \times 99,69\%$$

Tabel 4 Perbandingan indikator keandalan penerapan RCM

Indikator	Sebelum RCM (Kondisi Aktual)	Target Setelah RCM	Peningkatan
MTBF (jam)	1233 jam	3275 jam	+165,61%
MTTR (jam)	38,25 jam	10 jam	-73,86%
Availability (%)	96,99%	99,69%	+2,78%
Frekuensi Kerusakan/Tahun	2 kali/tahun	1 kali/tahun	-50%

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) mampu meningkatkan nilai MTBF sebesar 165,61%, menurunkan MTTR sebesar 73,86%, meningkatkan *Availability* menjadi 99,69%, serta menurunkan frekuensi kerusakan hingga 50%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa strategi pemeliharaan berbasis *Time-Based Preventive Maintenance* pada komponen *Flex Cable* dan *Condition-Based Maintenance* pada komponen pendukung lebih efektif dibandingkan sistem *corrective maintenance* yang sebelumnya diterapkan. Hasil penelitian ini juga mendukung penelitian Juwandono dan Purnama (2023), yang menyatakan bahwa penerapan RCM mampu meningkatkan keandalan mesin melalui penentuan strategi pemeliharaan berdasarkan tingkat kritikalitas komponen

V Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mengevaluasi dan meningkatkan keandalan mesin HP DesignJet Z6810 di PT XYZ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemeliharaan yang sebelumnya masih menerapkan *corrective maintenance* belum mampu meminimalkan *downtime* karena tindakan perbaikan dilakukan setelah terjadi kerusakan. Melalui analisis *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), komponen *Flex Cable Data* (PC to Printer) dan *Flex Cable Print Head* diidentifikasi sebagai komponen paling kritis dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sehingga menjadi prioritas utama dalam program pemeliharaan. Berdasarkan hasil evaluasi keandalan, diperoleh nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) sebesar 1.233 jam, *Mean Time to Repair* (MTTR) sebesar 38,25 jam, dan *Availability* sebesar 96,99%. Penerapan strategi pemeliharaan berbasis RCM melalui kombinasi *Time-Based Preventive Maintenance* dan *Condition-Based Maintenance* diproyeksikan mampu meningkatkan MTBF menjadi 3.275 jam per tahun, menurunkan MTTR menjadi 10 jam, serta meningkatkan *Availability* menjadi 99,69%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan RCM dapat meningkatkan keandalan mesin, mengurangi frekuensi kerusakan, dan menekan waktu *downtime*, sehingga mendukung kelancaran proses produksi di PT XYZ.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan metode RCM pada jenis mesin produksi lainnya serta mengombinasikannya dengan analisis biaya pemeliharaan (*maintenance cost analysis*) agar efektivitas strategi pemeliharaan dapat dievaluasi tidak hanya dari aspek keandalan, tetapi juga dari aspek ekonomi. Selain itu untuk mengantisipasi kerusakan dan melakukan penanganan pertama pada mesin, adanya pelaksanaan pelatihan bagi operator atau orang yang bertanggung jawab terhadap mesin tersebut bisa menjadi salah satu cara yang baik untuk menanggulangnya. Dengan begitu kondisi mesin dapat termonitor dengan baik dan kerusakan parah yang memakan waktu *downtime* yang cukup lama dapat diminimalkan.

Daftar Pustaka

- Afiva, W. H., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2020). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perencanaan Interval Preventive Maintenance dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis FMECA (Studi Kasus: PT. XYZ). *Jurnal PASTI*, 13(3), 298. <https://doi.org/10.22441/pasti.2019.v13i3.007>
- Hendryanto, R. L., Hendryanto, R. Y., & Basri, H. (2023). Penerapan Metoda RCM Dan Analisis FMECA Untuk Menentukan Interval Preventif Maintenance Dan Estimasi Biaya Perawatan Mesin Potong

- Plat YSD HGS 31/30. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 9(2), 481–488. <https://doi.org/10.24014/jti.v9i2.22987>
- Jambol, D. D., Sofoluwe, O. O., Ukato, A., & Ochulor, O. J. (2024). Transforming Equipment Management in Oil and Gas with AI-Driven Predictive Maintenance. *Computer Science & IT Research Journal*, 5(5), 1090–1112. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i5.1117>
- Juwandono, J. T., & Purnama, J. (2023). Analisa Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Age Replacement. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(3), 483–492. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i3.15768>
- Karibo, B. B. (2017). A Review and Analysis of Plant Maintenance and Replacement Strategies of Manufacturing Firms in Nigeria. *African Journal of Business Management*, 11(2), 17–26. <https://doi.org/10.5897/AJBM2016.8198>
- Mahendra, I. G. O., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2021). Proposed Maintenance Policy Design on Paving Molding Machine Using Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM) Method at PT XYZ. *OPSI*, 14(2), 231. <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i2.5477>
- Nur, M., & Haris, H. (2019). Usulan Perbaikan Efektifitas Mesin Melalui Analisa Penerapan TPM Menggunakan Metode OEE Dan Six Big Losses Di PT. P&P Bangkinang. *Industrial Engineering Journal*, 8(1), 57–67.
- Saidi, I. A., & Azara, R. (2020). *Buku Ajar Manajemen Operasional Dan Implementasi Dalam Industri*. Umsida Press. <https://doi.org/10.21070/2020/978-623-6833-48-3>
- Sunaryo, S., Hakim, L., & Jumali, D. (2018). Aplikasi Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Sistem Saluran Gas Mesin Wartsila. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 1(2), 27–35. <https://doi.org/10.31004/jutin.v1i2.220>