

Analisis Risiko Kegagalan Menggunakan Metode FMEA pada Mesin Cetak Digital UV di PT XYZ

Tri Wibowo^{1*}, Novi Purnama Sari², HB Rudi Kusumantoro³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Email: *tri.wibowo.tgp21@mhs.wpnj.ac.id¹, novi.purnamasari@grafika.pnj.ac.id²,
rudi.kusumantoro@grafika.pnj.ac.id³

Alamat: Jakarta, Depok, 16425, Indonesia

Korespondensi penulis: tri.wibowo.tgp21@mhs.wpnj.ac.id

Abstract. This study aims to analyze the failure risks of UV digital printing machines used at PT XYZ using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method. In the digital printing industry, the continuity of machine operations heavily depends on effective maintenance to prevent downtime that could disrupt the production process. The FMEA method is employed to identify potential failure modes and evaluate the severity, occurrence, and detection of each failure. This research adopts a quantitative approach, with data collected through observations, interviews, and historical documentation. The analysis reveals that the printhead, cooling system, and UV lamp are the components with the highest Risk Priority Numbers (RPN), at 504, 441, and 288 respectively. Based on these findings, it is recommended that preventive and predictive maintenance strategies be enhanced to avoid recurring failures.

Keywords: FMEA, UV digital printing machine, RPN, failure risk, maintenance.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kegagalan pada mesin cetak digital UV yang digunakan di PT XYZ menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Dalam industri percetakan digital, keberlangsungan operasional mesin sangat bergantung pada efektivitas pemeliharaan, terutama untuk mencegah downtime yang dapat mengganggu proses produksi. Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial, mengevaluasi tingkat keparahan (Severity), frekuensi kejadian (Occurrence), dan kemampuan deteksi (Detection) dari setiap kegagalan. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi historis. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen printhead, sistem pendingin, dan lampu UV memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, masing-masing 504, 441, dan 288. Berdasarkan temuan tersebut, disarankan adanya peningkatan strategi pemeliharaan preventif dan prediktif untuk mencegah terjadinya kegagalan yang berulang.

Kata kunci: FMEA, mesin cetak digital UV, RPN, risiko kegagalan, pemeliharaan.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi dalam industri percetakan telah mendorong penggunaan mesin cetak digital UV secara luas (Zhang, 2021). Mesin ini dikenal mampu memberikan hasil cetakan berkualitas tinggi dan fleksibilitas media cetak. Namun, tingginya intensitas penggunaan mesin menjadikan risiko kerusakan sebagai tantangan utama bagi perusahaan. Di PT XYZ, tercatat peningkatan downtime produksi akibat gangguan teknis mesin selama satu tahun terakhir (Ahmad, 2024).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan adalah Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) (Anjalee, 2021). Metode ini bersifat sistematis dalam mengidentifikasi potensi kegagalan, menganalisis penyebab dan dampaknya, serta menentukan prioritas penanganan berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN) (Stamatis,

2021). Melalui pendekatan ini, perusahaan dapat menyusun strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien (McDermott, 2022)

Seiring dengan meningkatnya tekanan untuk menurunkan downtime dan biaya operasional, perusahaan dituntut untuk tidak hanya menerapkan pemeliharaan korektif, tetapi mulai beralih ke strategi preventive dan predictive maintenance yang berbasis data dan indikator performa aktual (Maiti, 2021). Dengan demikian, analisis FMEA tidak hanya menjadi alat analitis, tetapi juga menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis risiko atau Reliability-Centered Maintenance (RCM) (McDermott, 2022).

Untuk mengatasi permasalahan diatas, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mencari akar dari penyebab kecacatan produk cetak blok dan tindakan perbaikan dalam pengendalian kualitas. Permasalahan kecacatan pada produk cetak blok di PT XYZ tidak hanya berdampak pada penurunan kualitas produk, tetapi juga berimplikasi pada kepercayaan pelanggan dan efektivitas rantai pasok. Produk cacat yang tidak memenuhi standar kualitas menyebabkan peningkatan tingkat retur dan pemborosan bahan baku, yang pada akhirnya berdampak pada efisiensi produksi secara keseluruhan. Perusahaan perlu mengambil langkah strategis dalam mengidentifikasi dan menanggulangi penyebab utama dari cacat produk secara menyeluruh dan terstruktur.

Metode FMEA sangat relevan untuk digunakan sebagai alat analisis proaktif dalam proses pemeliharaan dan pengendalian kualitas. Melalui pendekatan ini, setiap mode kegagalan yang berpotensi menyebabkan cacat produk dapat diidentifikasi secara sistematis, dikaji penyebab serta dampaknya, lalu diprioritaskan penanganannya berdasarkan nilai RPN. Hasil dari analisis ini memungkinkan perusahaan untuk tidak hanya memahami titik-titik kritis dalam proses produksi, tetapi juga menyusun langkah-langkah perbaikan yang terukur dan berbasis data.

Integrasi FMEA dengan strategi pemeliharaan berbasis prediktif dan reliabilitas (RCM) dapat memberikan keuntungan kompetitif dalam jangka panjang. Pendekatan ini mendukung pemanfaatan data historis dan indikator performa mesin sebagai dasar pengambilan keputusan, sehingga tindakan pemeliharaan tidak lagi bersifat reaktif, melainkan preventif dan prediktif. Perusahaan dapat mengurangi downtime secara signifikan, meningkatkan umur mesin, serta menjaga konsistensi kualitas produksi.

Penelitian ini berfokus pada penerapan metode FMEA untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat pada produk cetak blok dan menentukan langkah korektif serta preventif yang dapat diterapkan. Hasil analisis diharapkan mampu memberikan rekomendasi yang tepat dalam rangka pengendalian kualitas serta meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan mesin digital

UV. Dengan pendekatan ini, PT XYZ diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi, menurunkan biaya operasional, dan menjaga kepuasan pelanggan secara berkelanjutan.

2. KAJIAN TEORITIS

Manajemen Risiko dalam Industri Manufaktur

Manajemen risiko merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan potensi kejadian yang dapat menimbulkan kerugian bagi suatu organisasi (Hopkin, 2018). Dalam konteks industri manufaktur, khususnya di sektor percetakan, risiko kegagalan mesin menjadi salah satu fokus utama yang harus dikelola dengan baik. Kegagalan mesin produksi, seperti mesin cetak digital UV, dapat menyebabkan downtime, keterlambatan pengiriman, penurunan kualitas produk, dan pemborosan biaya. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan analitis yang mampu mendeteksi potensi masalah sebelum berdampak signifikan terhadap proses produksi (Anita, 2023).

Mesin Cetak Digital UV

Mesin cetak digital UV merupakan teknologi pencetakan modern yang menggunakan sinar ultraviolet untuk mengeringkan tinta secara instan saat proses cetak berlangsung. Keunggulan utama mesin ini terletak pada fleksibilitasnya dalam mencetak pada berbagai media serta hasil cetakan yang tahan lama dan berkualitas tinggi (Zhang, 2021). Namun, kompleksitas komponen mesin seperti print head, sistem penggerak, lampu UV, dan kontrol elektronik menjadikannya rentan terhadap kerusakan teknis. Risiko-risiko tersebut dapat berdampak pada kualitas cetakan dan efisiensi operasional, sehingga diperlukan sistem monitoring dan pemeliharaan yang komprehensif (Rahmananto, 2024).

Konsep Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah metode analisis risiko yang bersifat preventif, yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan kegagalan dalam suatu sistem, menentukan penyebab dan akibat dari kegagalan tersebut, serta menyusun prioritas penanganan berdasarkan tingkat risikonya (Stamatis, 2021). FMEA menilai setiap potensi kegagalan dengan tiga parameter utama: Severity (tingkat keparahan), Occurrence (frekuensi kejadian), dan Detection (kemampuan mendeteksi kegagalan), yang kemudian dikalikan untuk menghasilkan Risk Priority Number (RPN). Semakin tinggi nilai RPN, semakin besar prioritas penanganan terhadap mode kegagalan tersebut. FMEA umumnya diterapkan dalam sistem produksi untuk meningkatkan keandalan mesin, menurunkan risiko kerusakan, dan memperbaiki proses kontrol kualitas (Khairansyah, 2025).

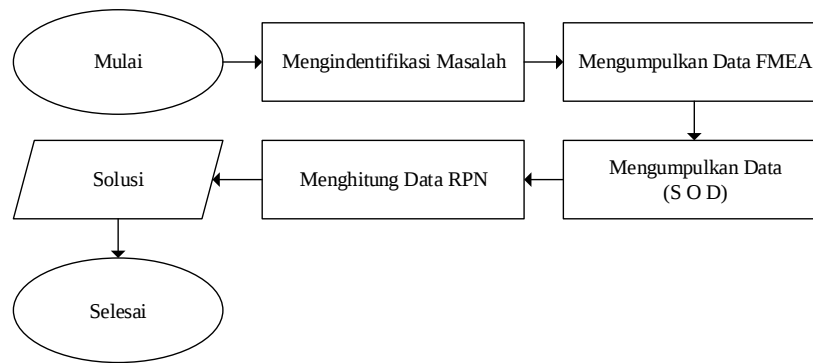
Penerapan FMEA dalam Strategi Pemeliharaan dan Pengendalian Kualitas

Dalam konteks pemeliharaan mesin dan pengendalian kualitas, FMEA menjadi dasar untuk strategi *Reliability-Centered Maintenance* (RCM), yaitu pendekatan yang mengandalkan data dan risiko aktual untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang paling tepat (McDermott, 2022). Dengan melakukan analisis FMEA, perusahaan dapat menyusun program pemeliharaan yang berbasis pada kondisi dan kinerja mesin, bukan hanya berdasarkan jadwal rutin. Hal ini sangat penting bagi perusahaan seperti PT XYZ yang bergantung pada kontinuitas operasional mesin cetak digital UV. Melalui pendekatan ini, kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan secara lebih efisien, kualitas produk dapat terjaga, dan potensi downtime dapat diminimalkan (Siregar, 2024).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT XYZ, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang percetakan digital, dengan fokus pada mesin cetak digital UV sebagai objek utama penelitian. Mesin ini merupakan komponen inti dalam proses produksi, sehingga tingkat efektivitas dan keandalannya sangat menentukan kinerja perusahaan secara keseluruhan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses kerja mesin, wawancara mendalam dengan teknisi dan operator, serta dokumentasi data historis yang mencakup riwayat kerusakan dan pemeliharaan mesin selama periode tertentu. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memahami secara menyeluruh kondisi aktual mesin dan potensi masalah yang dihadapi dalam operasional sehari-hari.

Flowchart ini menggambarkan tahapan proses analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan dalam suatu sistem atau proses. Proses dimulai dengan identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data FMEA dan data parameter Severity, Occurrence, dan Detection (S, O, D) yang dibutuhkan untuk perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN digunakan sebagai dasar untuk menentukan prioritas dalam pengambilan solusi atau tindakan perbaikan. Berikut Gambar 1 Alur penelitian nya:



Gambar 1. Alur Penelitian

Langkah awal dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi permasalahan utama yang terjadi di lapangan. Permasalahan yang umumnya muncul meliputi tingginya frekuensi kerusakan mesin, rendahnya efektivitas dalam pemeliharaan, serta tingginya biaya maintenance yang harus ditanggung perusahaan. Dengan mengidentifikasi masalah secara spesifik, peneliti dapat merumuskan fokus dan arah penelitian dengan lebih tepat, termasuk menyusun pertanyaan penelitian yang relevan untuk dianalisis lebih lanjut. Setelah permasalahan diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah pengumpulan data, baik data primer maupun sekunder. Salah satu bentuk data primer yang dikumpulkan adalah data FMEA, yang diperoleh melalui wawancara langsung dengan operator mesin. Wawancara ini bertujuan untuk menggali informasi mengenai potensi mode kegagalan (failure modes), dampak dari masing-masing kegagalan, serta kemungkinan penyebabnya berdasarkan pengalaman langsung para operator di lapangan (Dimasuharto, 2024).

Data hasil wawancara kemudian dianalisis menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Dalam analisis ini digunakan tiga parameter utama, yaitu Severity (S) yang menunjukkan tingkat keparahan dampak dari suatu kegagalan, Occurrence (O) yang mencerminkan frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan, serta Detection (D) yang menggambarkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum menyebabkan kerusakan serius (Pratama, 2020). Nilai Risk Priority Number (RPN) dihitung dengan mengalikan ketiga parameter tersebut ($RPN = S \times O \times D$), dan digunakan sebagai dasar untuk menentukan prioritas penanganan. Komponen mesin dengan nilai RPN tertinggi akan menjadi fokus utama dalam tindakan pemeliharaan karena dianggap paling berisiko terhadap kinerja produksi (ASQ, 2022).

Setelah proses analisis selesai, seluruh hasil FMEA dikompilasi dan dibandingkan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh mengenai kondisi mesin. Hasil penggabungan ini sangat penting untuk mengidentifikasi pola-pola kerusakan yang dominan dan memahami akar

penyebabnya. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti menyusun sejumlah solusi yang dapat diterapkan oleh perusahaan untuk meminimalkan risiko dan mencegah terjadinya kesalahan yang sama di masa mendatang. Solusi tersebut tidak hanya bersifat korektif, tetapi juga bersifat preventif agar keandalan mesin dapat ditingkatkan. Tahap terakhir dari penelitian ini adalah menyusun kesimpulan dan memberikan rekomendasi. Kesimpulan merangkum seluruh temuan dan proses penelitian, sementara rekomendasi ditujukan untuk mendukung implementasi strategi perbaikan di masa mendatang serta memberikan arahan untuk pengembangan penelitian serupa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis FMEA, ditemukan lima komponen utama yang sering mengalami kegagalan, yaitu printhead, lampu UV, komputer kontrol, sensor optik, dan sistem pendingin. Tiga di antaranya memiliki nilai RPN tinggi dan perlu mendapat perhatian khusus yang terlampir pada Tabel 1:

Tabel 1. Hasil Analisis FMEA

Komponen	<i>Failure Mode</i>	S	O	D	RPN (S×O×D)	Klasifikasi Risiko
<i>Printhead</i>	Tinta tidak keluar	9	8	7	504	Risiko
Lampu UV	Tidak menyala	8	6	6	288	Risiko
Komputer	Mati Total	7	6	5	210	Risiko
Sensor optik	Gagal deteksi	6	5	5	150	Tidak Risiko
Pendingin	<i>Overheating</i>	9	7	7	441	Risiko

Angka-angka pada tabel FMEA seperti Severity (S), Occurrence (O), Detection (D), dan hasil perhitungan RPN (Risk Priority Number) diperoleh berdasarkan penilaian kualitatif dan kuantitatif terhadap risiko kegagalan suatu komponen, yang biasanya dilakukan oleh tim teknis atau engineer yang memahami sistem mesin secara menyeluruh. Berikut penjelasan asal-usul dan makna dari setiap angka Menurut (Pratama, 2020) :

1. Severity (S) – Tingkat Keparahan

Severity (S) adalah parameter penting dalam analisis FMEA yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keparahan dampak dari suatu kegagalan terhadap sistem secara keseluruhan. Nilai severity ditentukan dalam skala 1 hingga 10, di mana skor 1

mengindikasikan bahwa kegagalan tidak berdampak signifikan pada proses, sedangkan skor 10 menunjukkan bahwa kegagalan dapat menimbulkan konsekuensi yang sangat parah, bahkan menghentikan seluruh sistem produksi. Sebagai contoh, pada mesin cetak digital UV, kerusakan pada komponen printhead diberi nilai severity 9 karena apabila tinta tidak keluar dari printhead, maka seluruh proses pencetakan akan terhenti total. Demikian pula, komponen pendingin memiliki severity yang tinggi, yaitu 9, karena apabila sistem pendingin tidak berfungsi dengan baik, dapat terjadi overheating yang bukan hanya menghentikan operasi, tetapi juga berpotensi merusak komponen-komponen vital lainnya. Oleh karena itu, parameter severity menjadi dasar utama dalam menentukan dampak kritis dari suatu kegagalan dan membantu memprioritaskan tindakan pemeliharaan yang tepat.

2. Occurrence (O) – Tingkat Kemungkinan Terjadi

Occurrence (O) merupakan salah satu parameter dalam metode FMEA yang digunakan untuk mengukur tingkat kemungkinan terjadinya suatu kegagalan. Nilai occurrence ditentukan berdasarkan skala 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan bahwa kegagalan sangat jarang terjadi, sedangkan nilai 10 berarti kegagalan tersebut sangat sering terjadi. Penentuan nilai ini didasarkan pada data historis, catatan perawatan, maupun pengalaman teknisi di lapangan. Sebagai contoh, pada mesin cetak digital UV, komponen printhead sering mengalami permasalahan seperti tinta yang tersumbat, terutama jika digunakan secara intensif dalam jangka waktu lama. Komponen ini dinilai memiliki occurrence sebesar 8. Sebaliknya, kerusakan pada komputer pengendali mesin relatif lebih jarang terjadi karena tidak memiliki bagian mekanik yang bergerak dan lebih stabil dalam operasionalnya. Untuk itu, nilai occurrence-nya dapat ditetapkan sebesar 5. Penilaian parameter ini membantu perusahaan dalam mengidentifikasi komponen mana yang memiliki kecenderungan lebih tinggi mengalami kerusakan sehingga perlu mendapat perhatian lebih dalam perencanaan pemeliharaan.

3. Detection (D) – Tingkat Kemampuan Deteksi

Detection (D) adalah parameter dalam analisis FMEA yang menggambarkan tingkat kemampuan sistem atau teknisi untuk mendeteksi potensi kegagalan sebelum kegagalan tersebut menimbulkan dampak serius. Skor detection ditentukan dalam skala 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan bahwa kegagalan sangat mudah dideteksi, sedangkan nilai 10 berarti kegagalan sangat sulit dikenali atau tidak dapat terdeteksi sebelum terjadi kerusakan. Tingkat deteksi ini sangat bergantung pada keandalan sistem monitoring, pengalaman teknisi, serta indikator atau gejala awal dari kegagalan. Sebagai ilustrasi, kerusakan pada printhead mesin cetak digital UV seringkali menunjukkan gejala seperti hasil cetakan yang tidak merata atau

warna yang tidak keluar dengan sempurna. Meskipun gejala ini dapat dikenali, namun proses identifikasi penyebab pastinya tidak selalu cepat, sehingga nilai detection-nya adalah 7. Sebaliknya, pada sensor optik, kegagalan dapat diuji atau dideteksi secara manual maupun melalui sistem diagnostik yang tersedia, sehingga tingkat kemudahan deteksinya lebih tinggi, dan diberikan skor detection sebesar 5. Penilaian parameter ini sangat penting dalam perencanaan strategi pemeliharaan prediktif, karena semakin rendah nilai detection, semakin cepat dan akurat tindakan preventif dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

4. RPN (*Risk Priority Number*)

Risk Priority Number (RPN) adalah nilai kuantitatif dalam metode FMEA yang digunakan untuk menentukan prioritas penanganan risiko kegagalan berdasarkan hasil perkalian tiga parameter utama, yaitu Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D). RPN dihitung menggunakan rumus $RPN = S \times O \times D$, di mana setiap parameter memiliki nilai skala 1 hingga 10. Semakin tinggi nilai RPN suatu komponen atau potensi kegagalan, semakin besar pula urgensi untuk dilakukan tindakan korektif atau preventif terhadap risiko tersebut. Sebagai contoh, pada mesin cetak digital UV di PT XYZ, komponen printhead memiliki nilai severity 9, occurrence 8, dan detection 7. Dengan demikian, RPN printhead mencapai 504, yang menunjukkan bahwa kerusakan pada komponen ini memiliki prioritas tertinggi untuk segera ditangani. Komponen pendingin dengan severity 9, occurrence 7, dan detection 7 memiliki nilai RPN sebesar 441, yang juga tergolong tinggi namun berada di bawah printhead. Melalui analisis RPN, perusahaan dapat menyusun skala prioritas dalam perencanaan pemeliharaan dan pengendalian kualitas, sehingga risiko kerusakan yang paling kritis dapat diminimalkan secara lebih efektif dan efisien.

5. Klasifikasi Risiko

Klasifikasi risiko berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN) digunakan untuk menentukan tingkat urgensi penanganan terhadap potensi kegagalan suatu komponen. Secara umum, ambang batas klasifikasi RPN dibagi menjadi dua kategori, yaitu $RPN > 200$ dikategorikan sebagai risiko yang memerlukan tindakan segera, sedangkan $RPN \leq 200$ diklasifikasikan sebagai tidak berisiko atau masih dapat ditoleransi. Berdasarkan hasil analisis FMEA di PT XYZ, diketahui bahwa terdapat tiga komponen utama dengan nilai RPN tertinggi, yaitu printhead (504), sistem pendingin (441), dan lampu UV (288). Nilai-nilai tersebut berada jauh di atas ambang batas risiko, sehingga ketiganya menjadi fokus utama dalam strategi pemeliharaan mesin cetak digital UV:

Tabel 2. Klasifikasi Risiko

RPN Range	Klasifikasi
> 200	Risiko (perlu tindakan)
≤ 200	Tidak Risiko (masih dapat ditoleransi)

Untuk mendukung penerapan strategi Reliability-Centered Maintenance (RCM), dilakukan evaluasi keandalan terhadap ketiga komponen tersebut menggunakan indikator performa teknis yang terukur. Komponen printhead dievaluasi berdasarkan jumlah nozzle aktif yang harus mencapai $\geq 95\%$ dari total nozzle dan jumlah area cetak minimal 800 m² sebelum perlu dilakukan cleaning. Lampu UV dinilai berdasarkan intensitas cahaya yang tidak boleh turun di bawah 70% dari spesifikasi awal dan masa pakai maksimal 1000 jam. Sementara itu, sistem pendingin harus mampu menjaga suhu operasi rata-rata di bawah 40°C dengan frekuensi shutdown tidak lebih dari satu kali dalam sebulan:

Tabel 3. Hasil Analisis FMEA

Komponen	Indikator Keandalan	Batas Performa Minimal
Printhead	Jumlah <i>nozzle</i> aktif (%)	$\geq 95\%$ dari total <i>nozzle</i>
	Jumlah cetakan sebelum cleaning	≥ 800 m ² per <i>cleaning</i>
Lampu UV	Intensitas cahaya (mW/cm ²)	$\geq 70\%$ dari spesifikasi awal
	Jam operasi (life hour)	≤ 1000 jam (ganti setelah itu)
Sistem Pendingin	Suhu operasi rata-rata (°C)	$\leq 40^\circ\text{C}$
	Frekuensi <i>shutdown</i> / bulan	$\leq 1x$ / bulan

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, disusun langkah-langkah pengendalian risiko yang bersifat preventif dan prediktif. Untuk printhead, direkomendasikan penggunaan prosedur nozzle check test di awal setiap shift serta pemasangan sensor jumlah cetakan sebagai penanda batas cleaning. Untuk lampu UV, disarankan pemasangan sensor intensitas cahaya dan jadwal

penggantian lampu setiap 900–1000 jam guna menghindari penurunan kualitas cetak. Adapun sistem pendingin perlu dimonitor secara real-time, dengan pembersihan filter secara rutin setiap minggu dan penggantian cairan pendingin setiap tiga bulan.

Dengan menerapkan langkah-langkah pemantauan dan pengendalian berdasarkan hasil FMEA ini, perusahaan dapat secara proaktif mencegah potensi kerusakan yang dapat mengakibatkan downtime mesin. Integrasi analisis risiko ini ke dalam kebijakan perawatan berbasis keandalan (RCM) menjadi landasan penting untuk memastikan keberlangsungan proses produksi, menjaga kualitas hasil cetak, dan menekan biaya operasional jangka panjang secara signifikan.

6. Penerapan Solusi

Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) tidak hanya berfungsi untuk mengidentifikasi dan menilai risiko kegagalan suatu sistem, tetapi juga memberikan dasar yang sistematis dan terstruktur untuk menyusun solusi yang bersifat preventif dan korektif. Di PT XYZ, setelah dilakukan analisis menyeluruh terhadap mesin cetak digital UV, ditemukan bahwa tiga komponen utama dengan nilai RPN tertinggi adalah printhead (504), sistem pendingin (441), dan lampu UV (288). Oleh karena itu, penerapan solusi difokuskan pada ketiga komponen tersebut sebagai prioritas utama dalam peningkatan keandalan mesin.

Pada komponen printhead, permasalahan utama adalah tinta yang tidak keluar, yang berdampak langsung pada penghentian proses cetak. Solusi yang diterapkan meliputi: (a) pengecekan nozzle secara rutin oleh operator setiap awal shift menggunakan *nozzle check test*; (b) pemasangan sensor jumlah cetakan untuk memantau luas cetakan dan menjadi indikator waktu pembersihan printhead; dan (c) penerapan standar performa di mana printhead harus memiliki $\geq 95\%$ nozzle aktif dan mampu mencetak minimal 800 m² sebelum dilakukan pembersihan. Upaya ini memberikan manfaat berupa pencegahan kemacetan tinta, menjaga kualitas cetak, serta mengurangi waktu henti produksi.

Selanjutnya, pada komponen sistem pendingin, masalah utama yang dihadapi adalah *overheating*, yang berpotensi merusak komponen mesin lainnya. Solusi yang diterapkan mencakup: (a) pemasangan alat pemantau suhu real-time untuk mendeteksi anomali secara langsung; (b) penjadwalan pembersihan filter pendingin secara mingguan untuk menjaga sirkulasi udara tetap optimal; dan (c) penggantian cairan pendingin setiap tiga bulan guna mempertahankan efisiensi kerja sistem pendingin. Langkah-langkah ini terbukti efektif dalam menurunkan risiko kerusakan termal dan meningkatkan kestabilan operasional mesin.

Pada komponen lampu UV, risiko utama terletak pada kegagalan fungsi cahaya atau penurunan intensitas yang dapat mempengaruhi proses *curing* tinta. Untuk itu, solusi yang diimplementasikan meliputi: (a) pemasangan sensor intensitas UV guna memantau apakah lampu masih beroperasi pada $\geq 70\%$ dari spesifikasi awal; dan (b) penjadwalan penggantian lampu secara rutin setiap 900–1000 jam kerja. Dengan penerapan solusi ini, proses pengeringan tinta menjadi lebih optimal dan kualitas hasil cetakan dapat dipertahankan dengan baik.

Berdasarkan hasil FMEA, PT XYZ menyusun strategi pemeliharaan berbasis nilai RPN atau *Risk-Based Maintenance* (RBM) sebagai pendekatan sistematis dalam menjaga performa mesin. Strategi ini meliputi: (a) penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) pemeliharaan khusus untuk komponen dengan nilai RPN tinggi; (b) penerapan *predictive maintenance* dengan memanfaatkan indikator kinerja mesin sebagai acuan utama untuk penjadwalan perawatan; dan (c) evaluasi berkala terhadap nilai RPN setiap semester untuk mengadaptasi strategi pemeliharaan sesuai kondisi aktual mesin. Pendekatan ini memastikan bahwa upaya pemeliharaan bersifat dinamis, efisien, dan berbasis data, sehingga dapat meminimalisir downtime serta meningkatkan keberlanjutan operasional mesin cetak digital UV secara keseluruhan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis FMEA terhadap mesin cetak digital UV di PT XYZ mengidentifikasi tiga komponen dengan risiko tertinggi, yaitu printhead (RPN: 504), sistem pendingin (RPN: 441), dan lampu UV (RPN: 288), yang berpotensi menyebabkan gangguan serius terhadap proses produksi. Dengan menilai tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya kegagalan, dan tingkat deteksi, perusahaan dapat menentukan prioritas perawatan dan pencegahan secara lebih efektif. Implementasi solusi seperti pengecekan rutin, pemasangan sensor, dan jadwal perawatan teratur terbukti mampu meningkatkan keandalan mesin, mengurangi downtime, dan menjaga kualitas cetak secara konsisten.

PT XYZ disarankan untuk terus meningkatkan pemantauan berbasis sensor, melakukan pelatihan teknisi secara berkala, mengevaluasi nilai RPN setiap semester, dan mengintegrasikan hasil FMEA ke dalam strategi pemeliharaan berbasis keandalan (RCM). Selain itu, digitalisasi prosedur operasional pemeliharaan akan mempercepat respons terhadap potensi kegagalan serta memastikan efisiensi dan konsistensi dalam pengelolaan mesin produksi.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, R., P. H., & S. A. (2024). Evaluasi strategi perawatan preventif mesin produksi. *Jurnal Teknik dan Rekayasa*, 18(2), 112–120.
- Anita, S. Y., Kustina, K. T., Wiratikusuma, Y., Sudirjo, F., Sari, D., Rupiwardani, I., ... & Anwar, S. (2023). *Manajemen risiko*. Global Eksekutif Teknologi.
- Anjalee, J. A. L., R. V., & S. N. R. (2021). Application of failure mode and effects analysis (FMEA) to improve medication safety in the dispensing process – A study at a teaching hospital, Sri Lanka. *BMC Public Health*. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11878-7>
- ASQ. (2022). *What is FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)*. American Society for Quality. <https://asq.org/quality-resources/fmea>
- Damayanti, K. (2024). *Analisis produktivitas guna meminimalisir defect dengan metode Six Sigma dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada PT. Kawan Sejati Akurasi* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Dimasuharto, N., H. H., N. N., & J. S. D. (2024). Work accident risk analysis using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method at PT. XYZ. *Eligion Education Social Laa Roiba Journal*, 6(11).
- Kartika, R. N., Hidayah, N. A., & Muadzah, M. (2022). Penggunaan FMEA dalam mengidentifikasi risiko kegagalan pada proses produksi cetak blok kalender (studi kasus: PT. XYZ). *BULLET: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(06), 1311–1320.
- Khairansyah, M. D., Amrullah, H. N., & Quratuláini, N. F. (2025). Penilaian risiko kegagalan Gantry Crane menggunakan Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram. *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, 3(1), 33–40.
- Maiti, J., B. A., & M. A. (2021). Application of risk-based maintenance in process industries. *Journal of Industrial Safety and Risk Management*, 27(1), 22–39.
- McDermott, R. E., M. R. J., & B. M. R. (2022). *The basics of FMEA*. CRC Press.
- Pratama, A. D., & N. S. (2020). Penerapan metode FMEA untuk identifikasi dan analisis risiko kegagalan pada sistem produksi. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9, 55–62.
- Rahmananto, S. F., & Tjahjanti, P. H. (2024). Maintaining printing machines at a textile company. *Procedia of Engineering and Life Science*, 5, 132–137.
- Siregar, M. N. R. (2024). *Implementasi Reliability Centered Maintenance II (RCM II) dalam penentuan preventive maintenance pada mesin screw press (pressing) (Studi kasus: PT. PP. London Sumatra Tbk)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Stamatis, D. H. (2021). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. ASQ Quality Press.
- Sutopo, P., & Grasella, F. (2023). Analisis risiko menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam menganalisa kerusakan komponen mesin printing industrial. *Akselerator: Jurnal Sains Terapan dan Teknologi*, 4(1), 167–174.
- Zhang, L., & W. J. (2021). Study on the application of UV ink in printing manufacturing. *International Journal of Printing Technology*, 13(2), 98–105.