

Analisis Risiko menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam Menganalisa Kerusakan Komponen Mesin *Printing* Industrial.

Prihantoro Syahdu Sutopo¹, Felly Grasella²

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Buddhi Dharma

Jalan Imam Bonjol No. 41, Tangerang, Indonesia

Email: 1prihantoro.syahdu@ubd.ac.id, 2fellygrasella25@gmail.com

Abstrak

Perkembangan industri sekarang memerlukan kesiapan dari perusahaan manufaktur untuk melakukan analisa risiko terhadap desain maupun proses. Dengan menggunakan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), komponen mesin *printing* industrial dianalisa dampak risikonya. Pada pembahasan ditemukan komponen *valve two way* merupakan komponen yang paling dominan memberikan risiko kerusakan. Menggunakan perhitungan risiko, didapatkan nilai RPN *valve two way* 168; analisis risiko menggunakan FMEA dibanyak penelitian membantu perusahaan untuk menemukan risiko yang harus diselesaikan. Dengan menerapkan FMEA secara proaktif pada tahap perancangan produk atau proses, perusahaan dapat mengidentifikasi potensi risiko kegagalan sebelum produk diproduksi. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk merancang sistem yang lebih andal, mengambil tindakan pencegahan yang lebih efektif, dan mengurangi kemungkinan kegagalan yang dapat merugikan.

Kata Kunci

Risiko, FMEA, RPN

Latar Belakang

Dalam dunia industri, kinerja yang optimal dan keandalan sistem manufaktur sangat penting untuk mencapai efisiensi produksi dan menjaga kualitas produk. Namun, setiap sistem atau proses produksi memiliki potensi untuk mengalami kegagalan yang dapat mengakibatkan gangguan produksi, penurunan kualitas produk, dan bahkan dampak finansial yang signifikan. Oleh karena itu, perusahaan perlu mengidentifikasi, menganalisis, dan mengatasi potensi kegagalan secara sistematis. Terutama untuk industri manufaktur yang memang memerlukan identifikasi kegagalan, dimana selaku produsen bertanggung jawab terhadap kegagalan produk yang telah dijual. Identifikasi klaim kegagalan sering kali melibatkan banyak departemen dalam lingkungan manufaktur. Kegagalan bisa saja terjadi dari desain awal produk maupun proses produksi di lapangan. Arah dari analisa kemungkinan kegagalan ini yang akan membantu perusahaan manufaktur untuk lebih awal mengetahui potensi kegagalan yang mungkin terjadi.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah salah satu pendekatan yang digunakan dalam industri untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan, mengukur dampaknya, dan mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi yang diperlukan untuk mengurangi risiko kegagalan. FMEA telah terbukti efektif dalam berbagai industri seperti manufaktur, otomotif, kedirgantaraan, dan lainnya. Pendekatan tradisional untuk mengatasi risiko kegagalan, seperti inspeksi akhir produk, cenderung kurang efektif dalam menghadapi kompleksitas dan variasi yang semakin tinggi. Kegagalan yang terdeteksi setelah produk selesai diproduksi dapat mengakibatkan biaya perbaikan yang tinggi, penundaan dalam pengiriman produk, dan penurunan kepercayaan pelanggan. Dalam konteks industri saat ini, FMEA memiliki relevansi yang sangat besar. Dengan menerapkan FMEA secara proaktif pada tahap perancangan produk atau proses, perusahaan dapat mengidentifikasi potensi risiko kegagalan sebelum produk diproduksi. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk merancang sistem yang lebih

andal, mengambil tindakan pencegahan yang lebih efektif, dan mengurangi kemungkinan kegagalan yang dapat merugikan.

[1] *Lean Manufacturing* adalah suatu sistem mendalam yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi setiap industri manufaktur dengan mengurangi *waste* melalui alat dan teknik yang diakui secara internasional. Industri manufaktur berusaha mengadopsi konsep *lean manufacturing* untuk memaksimalkan sumber daya mereka seperti tenaga kerja, fasilitas, bahan, dan jadwal agar menjadi efektif secara ekonomi. Namun, para manajer menghadapi kesulitan dalam memilih alat manufaktur yang tepat dari banyak alat yang tersedia untuk implementasi *lean manufacturing*. Pendekatan inovatif untuk memilih alat manufaktur yang sesuai untuk memaksimalkan sumber daya. *Value Stream Mapping* dan *Plant Layout* dipertimbangkan untuk mengidentifikasi *waste*. Fuzzy QFD dan FMEA mengutamakan sumber daya penting yang berkaitan dengan *waste* yang telah ditentukan dan menentukan risiko yang terkait dengan setiap sub-elemen mode kegagalan untuk aplikasi *lean manufacturing*. Hal ini menghemat waktu dengan menganalisis hanya sumber daya yang paling krusial untuk implementasi *lean manufacturing* yang sukses karena fokusnya hanya pada sumber daya yang paling penting. Pendekatan yang diusulkan melalui studi kasus perusahaan manufaktur sepatu Ethiopia. Dengan bantuan *Plant Layout* dan *Value Stream Mapping*, waktu siklus total berkurang sebesar 56,3%, waktu pemrosesan berkurang sebesar 69,7%, jarak transportasi bahan dan aktivitas transportasi berkurang lebih dari 75%, dan jumlah pekerja yang dibutuhkan berkurang dari 202 menjadi 200.

[2] Penggunaan FMEA, untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan cacat dalam proses produksi produk unggas. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan untuk lebih baik memahami risiko yang terlibat dalam produksi. Konsep logika *fuzzy* dalam konteks FMEA, Ini adalah langkah yang dapat membantu dalam penilaian risiko lebih akurat dan memprioritaskan masalah dengan lebih baik, terutama dalam situasi di mana prioritas risiko yang jelas mungkin sulit untuk ditentukan. Penggunaan metode ini menunjukkan bahwa metode FMEA *fuzzy* dapat efisien mengurangi cacat produk unggas. Hal ini dapat memberikan dampak positif bagi industri pengolahan produk unggas dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi.

Tinjauan Pustaka

[4] Mcdermot dalam *The Basic of FMEA*, yang merupakan singkatan dari *Failure Mode and Effects Analysis*, adalah bagian integral dari manajemen risiko dan berperan penting dalam mendukung peningkatan berkelanjutan. FMEA adalah salah satu program peningkatan dan pengendalian kualitas yang dapat mencegah terjadinya kegagalan dalam produk atau proses. Definisi FMEA secara konsisten menekankan bahwa FMEA adalah alat atau pendekatan yang digunakan untuk mengenali dan mengatasi masalah potensial dalam produk dan proses dengan cara yang terstruktur dan sistematis, dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan mencegah kegagalan. Dengan kata lain, FMEA adalah alat yang penting dalam pengendalian kualitas dan manajemen risiko yang membantu mencegah masalah potensial dan meningkatkan kinerja produk dan proses secara berkelanjutan. Sebagai alat dalam evaluasi risiko, FMEA dianggap sebagai metode untuk mengidentifikasi tingkat keparahan potensi dampak dari kegagalan dan memberikan panduan untuk tindakan mitigasi guna mengurangi risiko. Dalam berbagai penggunaannya, FMEA juga mencakup estimasi tingkat kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan dan dampaknya. Ini memperluas analisis dengan memasukkan aspek probabilitas kegagalan. Untuk mengurangi risiko secara efektif, upaya dilakukan untuk mengurangi tingkat probabilitas kegagalan, yang pada akhirnya meningkatkan reliabilitas produk atau proses.

Terdapat tiga situasi dasar di mana proses FMEA dapat diterapkan dengan fokus yang berbeda:

1. Situasi Pertama: Ketika ada desain baru, teknologi baru, atau proses baru yang akan dievaluasi. Pada kasus ini, FMEA akan mengeksplorasi secara menyeluruh desain, teknologi, atau proses yang baru tersebut.
2. Situasi Kedua: Ketika terjadi perubahan pada desain atau proses yang sudah ada. Fokus dalam FMEA harus terarah pada analisis perubahan yang terjadi terhadap desain atau proses yang telah ada, mencakup kemungkinan interaksi yang muncul akibat perubahan tersebut, serta mengevaluasi riwayat penggunaan di lapangan. Hal ini dapat mencakup perubahan dalam persyaratan pemerintah.
3. Situasi Ketiga: Ketika desain atau proses yang sudah ada akan digunakan dalam lingkungan, lokasi, atau penggunaan yang baru. Dalam hal ini, FMEA akan memusatkan perhatian pada dampak yang mungkin timbul akibat perubahan lingkungan, lokasi, atau penggunaan yang baru terhadap desain atau proses yang telah ada sebelumnya.

Penerapan FMEA bertujuan untuk menghindari terjadinya masalah dalam proses dan produk. Ketika digunakan dalam tahap desain dan manufaktur, FMEA dapat mengurangi atau mengendalikan biaya dengan mengidentifikasi dan mengatasi masalah produk dan proses secara efisien selama proses pengembangan. FMEA juga memiliki keunggulan dalam hal kemudahan pembuatan dan biaya yang relatif terjangkau. Akibatnya, proses dapat menjadi lebih efektif karena tindakan koreksi telah diambil, yang pada gilirannya mengurangi dan bahkan menghilangkan kegagalan. Ada beberapa elemen kunci yang terdapat dalam metode FMEA, seperti berikut: a). *Failure mode*, yang merupakan bagian dari FMEA yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kerusakan atau kegagalan dalam sistem. b). *Failure effect*, yang merupakan bagian dari FMEA yang berfokus pada dampak dari terjadinya kerusakan atau kegagalan dalam sistem. c). *Cause of failure*, yang merupakan bagian dari FMEA yang menitikberatkan pada penyebab terjadinya kerusakan atau kegagalan dalam sistem. d). *Risk evaluation*, yang merupakan bagian dari FMEA yang digunakan untuk menilai tingkat risiko dari setiap potensi masalah, serta memberikan prioritas untuk tindakan perbaikan yang diperlukan. Yang sering dipakai untuk menganalisa kegagalan dalam industri antara lain: Desain FMEA (*Design FMEA*): Fokus pada pemeriksaan desain produk untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan mengurutkannya berdasarkan dampaknya pada produk. Dan *Process FMEA*: Berfokus pada proses produksi untuk mengungkap masalah yang berkaitan dengan proses pembuatan produk dan menentukan prioritas perbaikan berdasarkan dampaknya pada pelanggan. Penerapannya membantu mengidentifikasi penyebab potensial dalam manufaktur dan perakitan produk.

Mengikuti langkah pembuatan FMEA dari Mcdermot (2017) sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi terhadap proses yang relevan.
2. Mengidentifikasi potensi mode kegagalan yang mungkin terjadi.
3. Membuat daftar efek potensial dari setiap mode kegagalan.
4. Menilai tingkat keparahan (*severity*) dari setiap efek yang mungkin terjadi.
5. Menilai tingkat kejadian (*occurrence*) dari setiap mode kegagalan.
6. Menilai tingkat deteksi (*detection*) untuk setiap mode kegagalan atau efek yang mungkin terjadi.
7. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap mode kegagalan.
8. Menentukan prioritas mode kegagalan berdasarkan nilai RPN untuk menetapkan tindakan perbaikan yang harus diambil.
9. Melakukan langkah-langkah untuk mengurangi kegagalan yang memiliki RPN tertinggi.
10. Menghitung kembali nilai RPN setelah tindakan perbaikan dilakukan untuk mode kegagalan yang telah dikurangi.

Berikut lembar kerja yang digunakan untuk menghitung FMEA

Tabel 1. Lembar Kerja FMEA

Failure Mode and Effects Analysis Worksheet																	
Process or Product: _____										FMEA Number: _____							
FMEA Team: _____										FMEA Date: (Original) _____							
Team Leader: _____										(Revised) _____							
FMEA Process												Page: 1 of 1					
Line	Component and Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Controls, Prevention	Current Controls, Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility and Target Completion Date	Action Results				
													Action Taken	Severity	Occurrence	Detection	RPN
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	

Perhitungan FMEA dengan melakukan perhitungan nilai risiko yaitu *Risk Priority Number* (RPN):

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots\dots\dots(\text{persamaan 1})$$

[3] Rastayesh, Sima, et al menggunakan pendekatan rekayasa sistem yang memanfaatkan metodologi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk melakukan penilaian risiko pengkondisi daya dalam *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC). Studi ini mengidentifikasi komponen-komponen penting dengan tingkat risiko tinggi, penyebab umum kegagalan, dan dampak terkaitnya dalam sistem pengkondisi daya, yang merupakan komponen penting PEMFC yang digunakan untuk aplikasi daya cadangan di sektor telekomunikasi. Temuan penelitian ini mengungkapkan bahwa tingkat risiko tertinggi dikaitkan dengan tiga mode kegagalan spesifik: 1) arus bocor tinggi yang dihasilkan dari antarmuka substrat *metal oxide semiconductor field effect transistor* (MOSFET), 2) arus dan penguapan elektrolitik kapasitor yang menyebabkan korsleting, hilangnya kontrol gerbang, dan peningkatan arus bocor melalui oksida gerbang MOSFET. Selain itu, *Bayesian Network* (BN) diterapkan untuk menunjukkan dengan tepat penyebab kegagalan paling kritis dalam MOSFET dan kapasitor, yang diidentifikasi sebagai komponen utama berdasarkan Angka Prioritas Risiko (RPN) dalam analisis FMEA. Analisis BN menggarisbawahi suhu tinggi dan tegangan lebih sebagai penyebab kegagalan utama. Oleh karena itu, disarankan agar perancang fokus pada peningkatan desain MOSFET untuk mengurangi arus bocor yang tinggi akibat antarmuka substrat, terutama yang disebabkan oleh suhu tinggi. Hasilnya menggarisbawahi pentingnya perbaikan material untuk meningkatkan ketahanan terhadap suhu tinggi dalam tahap desain.

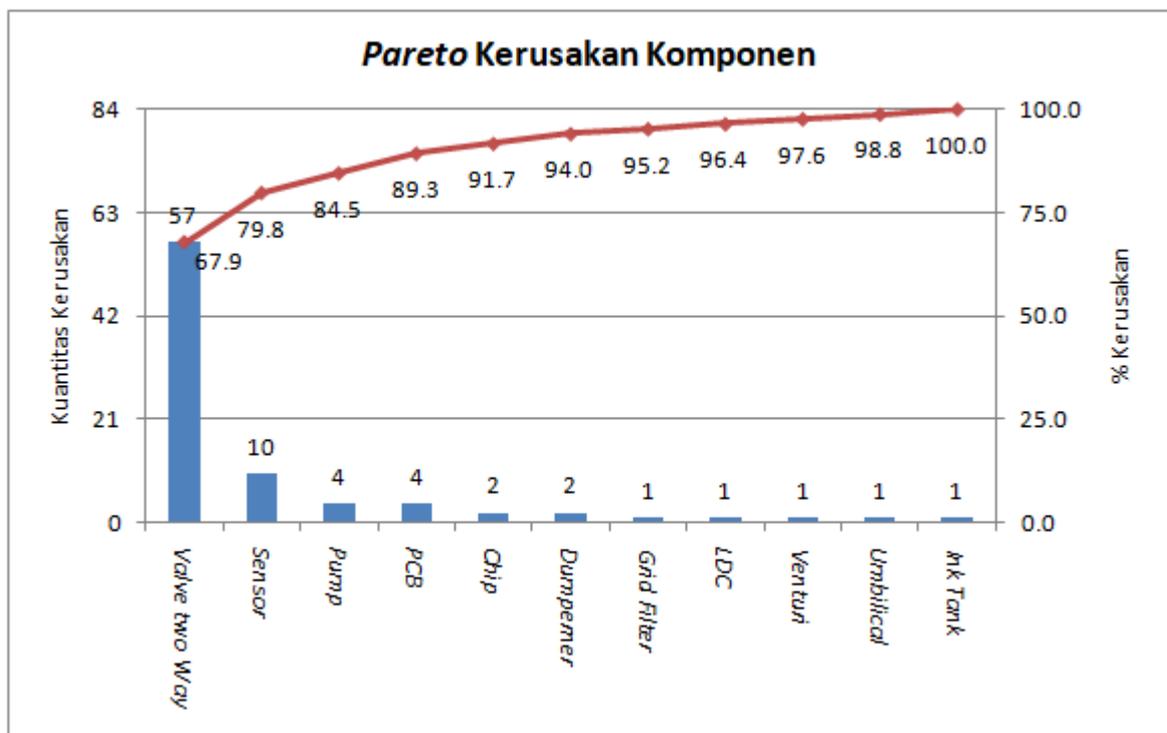
Pembahasan

Penelitian dilakukan pada komponen mesin printing industrial yang sering mengalami kerusakan pada komponennya. Selama 8 bulan dari awal tahun 2022 sampai dengan Agustus tahun 2022. Dibuatkan tabel pareto untuk kerusakan komponen, sebagai berikut:

Tabel 2. kerusakan komponen mesin printing industrial

Komponen yang rusak	Total kerusakan	%	% Kumulatif
<i>Valve two Way</i>	57	67,9	67,9
<i>Sensor</i>	10	11,9	79,8
<i>Pump</i>	4	4,8	84,5
<i>PCB</i>	4	4,8	89,3
<i>Chip</i>	2	2,4	91,7
<i>Dumperner</i>	2	2,4	94,0
<i>Grid Filter</i>	1	1,2	95,2
<i>LDC</i>	1	1,2	96,4
<i>Venturi</i>	1	1,2	97,6
<i>Umbilical</i>	1	1,2	98,8
<i>Ink Tank</i>	1	1,2	100,0
Total Kecacatan	84		

Dengan menggunakan diagram *pareto*, memperlihatkan bahwa komponen *valve two way* memiliki kontribusi dominan terhadap kerusakan. *Valve two way* memberikan 67,9% kontribusi terhadap kerusakan mesin printing industrial. Hal ini menunjukkan bagaimana *pareto* membantu memberikan analisa masalah utama yang harus diprioritaskan untuk diperbaiki.



Gambar 1. Diagram Pareto Kerusakan Komponen

Berikut gambar dari *valve two way* yang banyak mengalami kerusakan pada periode awal tahun 2022 sampai Agustus tahun 2022. Dimana *valve two way* ini merupakan salah satu komponen inti yang mengalirkan tinta.



Gambar 2. Komponen *Valve Two Way*

Diambil 5 kerusakan paling potensial untuk dianalisa dengan FMEA; tabel berikut menjelaskan pengisian tabel FMEA

Tabel 3. Perhitungan RPN Kerusakan komponen mesin *printing* industrial

<i>Failure Mode and Effect Analysis Worksheet</i>										
FMEA Proses										
No	Component	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Control Prevention	Current Control Detection	Detection	RPN
1	<i>Valve two way</i>	Kondisi bocor	Tinta dan <i>makeup</i> bocor	8	<i>O-ring</i> atau <i>shield</i> terjepit dan getas	3	Pengecekan rutin dengan mengisi <i>technical report</i>	Lampu <i>alarm</i> berkedip dan berbunyi dan layar menunjukkan faktor kerusakan	3	72
		<i>Valve</i> tidak aktif	<i>Flow ink</i> dan <i>makeup</i> tidak berjalan	7	Mekanik katup tidak berjalan	8	Manual cek	Lampu <i>alarm</i> berkedip dan berbunyi dan layar menunjukkan faktor kerusakan	3	168
2	Sensor	Fisik sensor pecah/rusak	Tidak mendeteksi produk	8	Elektronik sensor yang melenceng sensor tertabrak produk	3	Pengecekan rutin dengan mengisi <i>technical report</i>	Lampu sensor mati	2	48
3	<i>Pump</i>	<i>Pump</i> rotation tinggi	Putaran bekerja terlalu memaksa	8	Tidak ada yang disedot	3	Pengecekan rutin dengan mengisi <i>technical report</i>	Lampu <i>alarm</i> berkedip dan berbunyi dan layar menunjukkan faktor kerusakan	3	72

Lanjutan Tabel 3. Perhitungan RPN Kerusakan komponen mesin *printing* industrial

<i>Failure Mode and Effect Analysis Worksheet</i>										
FMEA Proses										
No	Component	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Control Prevention	Current Control Detection	Detection	RPN
		Gear pump aus	Pump fault	8	Umur	3	Pengecekan rutin dengan mengisi <i>technical report</i>	Status transduser dengan membaca kecepatan pompa (satuan RPS)	2	48
4	PCB	PCB hang (boot loop)	PCB tidak dapat memproses data	8	Korupt data pada OS processor	3	Pengecekan rutin dengan mengisi <i>technical report</i>	Lampu alarm bekedip dan berbunyi dan layar menunjukkan faktor kerusakan	3	72
		PCB eror	Phase fault	8	Komponen detektor yang bermasalah	3	Pengecekan rutin dengan mengisi <i>technical report</i>	Lampu alarm bekedip dan berbunyi dan layar menunjukkan faktor kerusakan	3	72
5	Smart Fill	Smart Fill tidak dapat membaca chip	Data tidak bisa ditransfer dengan benar	6	Sobek atau putus bagian jalur fleksibel	2	Pengecekan rutin dengan mengisi <i>technical report</i>	Pengecekan fisik mesin dengan tinta, solvent, atau cleaner dengan chip	7	84

Dalam penelitian ini komponen *valve two way* yang sering mengalami kerusakan memerlukan analisis risiko yang lebih komprehensif lagi. Dimana nilai RPN 168 merupakan nilai RPN tertinggi dari komponen yang dianalisa. Meskipun ada tindakan deteksinya namun dengan pengecekan yang masih manual memerlukan usaha lebih untuk mengetahui kapan terjadinya kerusakan bahkan sebelum terdeteksi dilayar monitor. Dalam analisis risiko menggunakan FMEA perlunya memahami apa yang perlu dilakukan setelah mengetahui faktor risiko yang paling mempengaruhi.

[5] Di antara faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja, kelancaran pengoperasian mesin adalah hal yang paling penting. Manajemen risiko yang efektif merupakan landasan untuk mempertahankan alur kerja produksi yang lancar. Penelitian yang dilakukan di lingkungan PT. XYZ, sebuah perusahaan manufaktur, mengevaluasi aspek pemeliharaan, menjadi jelas bahwa *forklift* menunjukkan Skor Kinerja Kualitas terendah dalam portofolio mesin dan fasilitas. Temuan investigasi ini menunjukkan bahwa mode kegagalan pecahnya selang hidrolik memperoleh nilai *Fuzzy Risk Priority Number (FRPN)* tertinggi, yaitu mencapai 631. [6] Dilain penelitian yang fokus utama berkisar pada isu-isu yang terkait dengan penerapan metode FMEA dalam perusahaan industri. Ini memberikan gambaran prinsip-prinsip dasar metode FMEA dan menarik perbandingan antara analisis FMEA dan analisis kesenjangan. Pemeriksaan cacat dilakukan untuk mendapatkan rekomendasi untuk penghapusan atau

mitigasinya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, sebuah temuan signifikan muncul, menyoroti peran penting pemilihan staf dalam proses analisis FMEA. Ditentukan bahwa tim yang bertanggung jawab atas analisis FMEA harus memiliki keahlian tingkat tinggi dalam metodologi metode FMEA dan pemahaman komprehensif tentang alat-alat penting yang diperlukan untuk keberhasilan penerapan metode FMEA di dalam perusahaan.

Kesimpulan

Failure Mode and Effect Analysis yang merupakan salah satu metode dalam pengendalian kualitas membantu menganalisa risiko paling dominan dari kerusakan mesin printing industrial. Menggunakan *Risk Priority Number* (RPN), komponen *valve two way* memiliki RPN tertinggi dengan skor 168 pada *failure mode* saat *valve two way* tidak aktif. Selanjutnya dapat dicarikan solusi terhadap permasalahan *valve two way* yang menjadi prioritas pertama dalam perbaikan. Analisis menggunakan FMEA juga dapat memberikan umpan balik setelah dilakukan perbaikan.

Referensi :

- [1] Reda, Hiluf, and Akshay Dvivedi 2022. Decision-making on the selection of lean tools using fuzzy QFD and FMEA approach in the manufacturing industry. *Expert Systems with Applications* 192: 116416.
- [2] Nuchpho, Pinnarat, Santirat Nansaarn, and Adisak Pongpullponsak 2019. Modified fuzzy FMEA application in the reduction of defective poultry products." *Engineering Journal* 23.1: 171-190.
- [3] Rastayesh, Sima, et al 2019. A system engineering approach using FMEA and Bayesian network for risk analysis—a case study. *Sustainability* 12.1: 77.
- [4] Mikulak, Raymond J., Robin McDermott, and Michael Beauregard 2017. *The basics of FMEA*. CRC press.
- [5] Suryoputro, Muhammad Ragil, Amarria Dila Sari, and Nawang Wahyu Widiatmaka 2019. Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA) Implementation for Forklift Risk Management in Manufacturing Company PT. XYZ. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 528. No. 1. IOP Publishing.
- [6] Wolniak, Radosław 2019. Problems of use of FMEA method in industrial enterprise. *Production engineering archives* 23.23: 12-17.