

URUTAN PRIORITAS PERBAIKAN KEGAGALAN BERDASARKAN METODE FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS

Syafira Nur Fadilah^{1*}, Yanti Helianty, M.T.¹

¹Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi
Nasional, Jl PHH Mustofa No.23, Bandung, 40124, Indonesia
Email: Syafirandlh@gmail.com

Received 03 09 2023 | Revised 10 09 2023 | Accepted 10 09 2023

ABSTRAK

Metode FMEA adalah metode untuk mengatasi mode kegagalan yang berguna dalam meningkatkan kualitas produk di suatu perusahaan. FMEA membantu dalam menentukan urutan prioritas mode kegagalan dari risiko terbesar sampai terkecil. Metode FMEA banyak digunakan di berbagai industri untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan mode kegagalan potensial dan risiko. Namun pendekatan FMEA konvensional memiliki keterbatasan yaitu nilai RPN yang sama untuk kombinasi faktor risiko yang berbeda sehingga sulit untuk menentukan urutan prioritas perbaikan yang tepat. Metode fuzzy grey adalah salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah ini. Metode ini adalah perpanjangan dari FMEA tradisional dan menggabungkan logika fuzzy dan teori grey untuk mengatasi ketidakpastian dan ambiguitas dalam data. Dengan memperkenalkan ketidakjelasan dan mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi prioritas mode kegagalan, metode fuzzy grey memungkinkan lebih banyak fleksibilitas dan peringkat mode kegagalan yang lebih objektif. Metode fuzzy grey meningkatkan proses pengambilan keputusan dengan memberikan urutan prioritas yang lebih jelas dan lebih berurutan untuk tindakan perbaikan, menjadikannya alat penting dalam manajemen mutu dan penilaian risiko.

Kata kunci: FMEA, RPN, Severity, Occurrence, Detection, Grey Theory

ABSTRACT

The FMEA method is a method for overcoming failure modes that is useful in improving product quality in a company. FMEA helps in determining the priority order of failure modes from greatest risk to smallest. The FMEA method is widely used in various industries to identify and prioritize potential failure modes and risks. However, the conventional FMEA approach has limitations, namely the same RPN value for different combinations of risk factors, making it difficult to determine the correct order of priority for improvement. The fuzzy grey method is one approach to overcome this problem. This method is an extension of traditional FMEA and combines fuzzy logic and grey theory to address communication and ambiguity in data. By introducing fuzziness and considering various factors that affect failure mode priority, the fuzzy grey method allows for more starts and a more objective ranking of failure modes. The fuzzy grey method improves the decision-making process by providing a clearer and more sequential order of priorities for corrective actions, making it an important tool in quality management and risk assessment.

Keywords: FMEA, RPN, Severity, Occurrence, Detection, Grey Theory

1. PENDAHULUAN

Manufaktur berasal dari kata *manufacture* yang berarti membuat dengan tangan (manual) atau dengan mesin sehingga menghasilkan sesuatu barang, melalui proses produksi secara mekanis dengan menggunakan atau memanfaatkan mesin, peralatan serta teknologi yang canggih sehingga menjadi barang yang memiliki nilai jual yang tinggi. Manufaktur dapat juga diartikan sebagai kegiatan-kegiatan memproses pengolahan *input* menjadi *output* (Utami,2020). Produk yang dihasilkan harus memiliki kualitas yang tinggi agar dapat memuaskan kebutuhan pelanggan. Menurut Tjiptono dan Fandy (2012), mengemukakan bahwa kualitas produk yaitu suatu upaya dalam memenuhi harapan dari pelanggan, dan dapat menimbulkan kesetiaan pelanggan untuk membeli produk di perusahaan yang sama. Kepuasan dari pelanggan dapat terpenuhi oleh kecilnya kegagalan dalam suatu produk, proses produksi yang dilaksanakan dengan baik memerlukan pemeriksaan kualitas dari awal produksi hingga menjadi produk jadi agar mengurangi potensi kegagalan pada suatu produk.

Salah satu perusahaan manufaktur di Indonesia yaitu bergerak di bidang pembuatan *part* atau komponen, *assembly* pesawat terbang dan helikopter hingga menjadi produk jadi. Helikopter merupakan transportasi udara dengan ukuran kecil yang memiliki tingkat kerumitan yang tinggi untuk dioperasikan. Helikopter memiliki beberapa *part* atau komponen didalamnya, dimana komponen-komponen ini saling berpengaruh satu sama lainnya. Komponen atau *part* helikopter yang diproduksi yakni *fitting* (332a2117012102), *fittig* (330a2127133001), *fitting*(330A2227062101), *fitting* (332A2409142001), dan *bracket corner* (330A22224329M449028). Komponen atau *part* helikopter tersebut memiliki fungsinya masing-masing, dimana tiap komponen mempengaruhi cara kerja helikopter. Hal ini merupakan salah satu alasan pembuatan komponen helikopter harus memiliki tingkat kecacatan *zero* atau tidak terdapat cacat perbulannya. Namun tidak dipungkiri perusahaan masih menghasilkan *defect* disetiap produksinya, hal ini dikarenakan adanya ketidaksesuaian hasil produksi dengan standar spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan.

Penelitian menggunakan metode FMEA menghasilkan beberapa nilai RPN yang sama dari hasil perkalian nilai S,O,D yang berbeda maupun dari nilai S,O,D yang sama. Hasil ini masih belum cukup membantu pengambilan keputusan dalam menentukan prioritas utama untuk dilakukan perbaikan. Indriani,W. dkk, (2021), mengemukakan bahwa adanya alternatif lain untuk memecahkan permasalahan yang sama selain menggunakan FMEA fuzzy. Dimana dari penelitiannya mengatakan bahwa menggabungkan FMEA dengan grey akan mendapatkan hasil yang lebih akurat. Alternatif ini akan dibuktikan pada penelitian ini, dimana untuk memecahkan kesulitan dalam menentukan urutan prioritas perbaikan dengan permasalahan terdapat nilai RPN yang sama dengan *severity*, *detection*, dan *detection* yang berbeda. Penelitian dilakukan untuk menentukan prioritas perbaikan risiko dengan menggunakan metode *fuzzy grey*. Dari hasil penelitian ini juga untuk mengetahui apakah metode yang digunakan dapat menjadi solusi terbaik atau menjadi alternatif metode selain menggunakan FMEA *fuzzy*.

2. METODOLOGI

2.1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap mengidentifikasi masalah yang didapatkan setelah melihat penelitian sebelumnya. Permasalahan yang ada yakni terdapat nilai RPN yang sama

yang disusun dari komposisi nilai S,O,D yang berbeda dengan menggunakan metode FMEA, hal ini akan menyulitkan dalam menentukan prioritas untuk dilakukan perbaikan. Masalah yang ditemukan dapat diselesaikan dengan metode FMEA *fuzzy* dan juga dengan pendekatan *fuzzy grey*. Penggunaan metode *fuzzy grey* pada penelitian ini merupakan suatu alternatif lain yang dapat dilakukan untuk memecahkan permasalahan yang sama pada metode FMEA. Hal ini dilakukan untuk membandingkan urutan prioritas yang dihasilkan dari penelitian FMEA *fuzzy* dengan hasil penelitian menggunakan pendekatan *fuzzy grey*.

2.2. Penentuan Metode Pemecahan Masalah

Permasalahan yang ditemukan pada tahap sebelumnya yakni terdapat nilai RPN yang sama dapat diselesaikan dengan menggunakan beberapa metode yakni *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* (*Fuzzy FMEA*), dan *AHP Failure Mode and Effect Analysis* (*AHP FMEA*). Tahap ini menjelaskan pemilihan metode yang tepat untuk menentukan prioritas utama yang akan dilakukan perbaikan, dimana pemecahan masalah yang dipilih yakni metode *fuzzy grey* dikarenakan metode ini dapat dengan mudah menentukan nilai RPN dengan memberikan bobot yang berbeda dari tiap S,O,D nya, namun karena penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya dan tidak dilakukan penelitian ke perusahaan maka dari itu bobot yang digunakan dianggap sama karena ketiga *risk factor* memiliki sama besar pengaruhnya terhadap pembuatan komponen helikopter MK-2 Super Puma. Tjahjaningsih, Y.S. (2016), mengemukakan bahwa kelemahan yang ditemukan di metode FMEA tradisional akan dapat diatasi dengan menggunakan metode *fuzzy grey*. Perbandingan metode pemecahan masalah dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Metode Pemecah Masalah

Metode	Definisi	Keterangan
<i>Grey Theory Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis</i> (<i>Fuzzy FMEA</i>) (Rizki dan Arie,2022)	<i>Grey Theory</i> merupakan metode matematis yang dapat digunakan untuk pemeriksaan terhadap perilaku sistem dengan menggunakan analisis hubungan (<i>relational construction</i>) serta penyusunan model (<i>model construction</i>).	Metode untuk mendeteksi suatu permasalahan yang tidak pasti dan biasanya digunakan untuk menerapkan pada analisis prediksi, evaluasi kinerja, pengambilan keputusan serta identifikasi FMEA.

Tabel 1 Metode Pemecah Masalah (Lanjutan)

Metode	Definisi	Keterangan
<i>Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis</i> (<i>Fuzzy FMEA</i>) (Widianti, T dan Firdaus, H, 2016)	Logika <i>fuzzy</i> adalah logika yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam ketidakakuratan atau keambiguan dalam suatu data.	Logika <i>fuzzy</i> memiliki nilai yang kabur atau samar sehingga suatu nilai dapat bernilai benar atau salah tergantung dengan bobot keanggotaan yang dimiliki sehingga keakuratannya tergantung pada data yang digunakan dan teknik klasifikasinya.

Metode	Definisi	Keterangan
AHP Failure Mode and Effect Analysis (AHP FMEA) (Nugroho,A, 2020)	AHP merupakan metode perankingan beberapa alternatif keputusan dan melakukan pemilihan yang terbaik terhadap beberapa kriteria.	AHP memanfaatkan opini seorang ahli sebagai <i>inputan</i> atau masukan untuk menentukan kriteria-kriterianya.

2.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berbentuk data sekunder artinya sumber data yang diperoleh dari peneliti dan sumber terpercaya atau data yang diperoleh secara tidak langsung yang bertujuan untuk melengkapi penelitian atau data sebelumnya yang mungkin belum lengkap (**Sugiyono,2018**). Data yang diperlukan antara lain nilai dari S,O,D dan juga nilai RPN yang sudah melewati proses fuzzifikasi.

2.4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah mendapatkan input data dari pengumpulan data. Pengolahan data dimulai dengan tahap dimana data-data yang telah dikumpulkan akan diolah dengan menggunakan *fuzzy grey*.

2.4.1. Matriks Keputusan Keyakinan *Fuzzy* ($\bar{X}$)

Matriks keputusan keyakinan *fuzzy* merupakan hasil perhitungan yang didapatkan dari proses fuzzifikasi, dimana hasil ini akan digunakan untuk pengolahan data di metode *fuzzy grey*. Matriks keputusan keyakinan *fuzzy* akan digunakan untuk pembuatan matriks perbandingan dan matriks standar pada proses selanjutnya. Data hasil fuzzifikasi dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Data Hasil Fuzzifikasi

No.	Part	Potential Cause	S	O	D	F-RPN
1	Bracket Corner (330A22224329M449028)	Baut Patah	1,000	0,857	1,000	0,911
2	Fitting (332a2117012102)	Kemampuan Mesin (<i>Stratey Auto</i>)	0,800	0,857	0,833	0,738
3	Fitting (332A2409142001)	NC Programming Error	0,400	1,000	1,000	0,652

Tabel 2 Data Hasil Fuzzifikasi

No.	Part	Potential Cause	S	O	D	F-RPN
4	Fitting (330a2127133001)	Fixture Tidak Kuat/Longgar	0,600	0,857	0,833	0,659
5	Fitting (330A2227062101)	Salah Dalam Penyetingan Pahat	0,800	0,857	0,667	0,554

No.	Part	Potential Cause	S	O	D	F-RPN
65	Bracket Corner (330A22224329M449028)	Tata Letak Tidak Rapi	0,000	0,000	0,000	0,035

2.4.2. Data Cleansing

Data *cleansing* digunakan guna untuk menghapus atribut yang tidak digunakan untuk proses selanjutnya. Atribut yang dihapus dari tabel yakni atribut nomor, *part*, *potential failure mode*, dan *potential cause* sedangkan data yang digunakan yakni dan juga hasil RPN nya. Hasil data *cleansing* akan menjadi variabel *input* untuk memudahkan dalam pembuatan matriks perbandingan. Data *cleansing* dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Data Cleansing

No.	Severity	Occurrence	Detection
1	1,000	0,857	1,000
2	0,800	0,857	0,833
3	0,400	1,000	1,000
4	0,600	0,857	0,833
5	0,800	0,857	0,667
6	0,400	0,857	1,000
7	0,800	0,857	0,667
8	1,000	0,857	0,500
9	0,600	0,714	0,833
10	0,800	0,714	0,667
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
65	0,000	0,000	0,000

2.4.3 Pembuatan Matriks Perbandingan

Tahap pertama dari penggunaan metode *grey* yakni membuat matriks perbandingan, yaitu memasukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* ke masing-masing *potential failure mode*. Nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* didapatkan dari matriks keputusan keyakinan *fuzzy*. Matriks keputusan keyakinan *fuzzy* direpresentasikan dalam bentuk matriks perbandingan, matriks dapat dilihat sebagai berikut.

$$X' = \begin{bmatrix} \text{Baut Patah} \\ \text{Kemampuan Mesin (Stratey Auto)} \\ \text{NC Programming Error} \\ . \\ . \\ . \\ \text{Tata Letak Tidak Rapi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,857 & 1,000 \\ 0,800 & 0,857 & 0,833 \\ 0,400 & 1,000 & 1,000 \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 \end{bmatrix}$$

2.4.4 Pembuatan Matriks Standar

Membuat matriks standar bertujuan untuk mengurangi risiko yang tinggi agar nilai faktor keputusannya menjadi semakin kecil. Langkah ini dilakukan dengan menetapkan nilai terkecil dari masing-masing *severity*, *occurrence*, dan *detection* setiap *potential cause* nya pada

matriks perbandingan. Nilai terkecil dari matriks perbandingan direpresentasikan dalam bentuk matriks standar, matriks dapat dilihat sebagai berikut.

$$X_0 = [0 \ 0 \ 0]$$

Sebagai contoh pada hasil fuzzifikasi di *severity* dari semua angka *crisp* yang diperoleh dilihat nilai terkecil dari semua *potential cause*. Nilai 0,000 dianggap nilai yang terkecil, nilai ini digunakan untuk mewakili tingkat terendah pada setiap *risk factor*.

2.4.5 Perhitungan Selisih antara Matriks Perbandingan dan Standar

Perhitungan selisih antara matriks perbandingan dan matriks standar dilakukan dengan cara mengurangi nilai dari matriks perbandingan dengan matriks standar. Perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Selisih antara Matriks Perbandingan dan Standar

No.	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>
1	1,000	0,857	1,000
2	0,800	0,857	0,833
3	0,400	1,000	1,000
4	0,600	0,857	0,833
5	0,800	0,857	0,667
...	...	...	...
65	0,000	0,000	0,000

Hasil selisih antara matriks perbandingan dengan matriks standar direpresentasikan dalam bentuk matriks perbedaan, matriks dapat dilihat sebagai berikut.

$$D_0 = \begin{bmatrix} 1,000 & 0,857 & 1,000 \\ 0,800 & 0,857 & 0,833 \\ 0,400 & 0,000 & 0,000 \\ 0,600 & 0,857 & 0,833 \\ 0,800 & 0,857 & 0,667 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 \end{bmatrix}$$

2.4.6 Perhitungan Koefisien Relasi

Perhitungan koefisien relasional *grey* didapatkan dari menentukan nilai maksimum (Δ_{max}) dan minimum (Δ_{min}) dari ketiga *risk factor*. Pada persamaan, nilai ζ telah ditentukan yakni sebesar 0,5, dimana ζ adalah identifikasi yang mempengaruhi nilai relatif dari sebuah risiko tanpa mengubah prioritasnya. Perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5 Perhitungan Koefisien Relasi

No.	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>
1	0,333	0,368	0,333
2	0,385	0,368	0,375
3	0,556	0,333	0,333
4	0,455	0,368	0,375
5	0,385	0,368	0,429

No.	Severity	Occurrence	Detection
65	1,000	1,000	1,000

Hasil perhitungan koefisien relasi *grey* direpresentasikan dalam bentuk matriks, matriks koefisien dapat dilihat sebagai berikut.

$$\gamma_{0i} = \begin{bmatrix} 0,333 & 0,368 & 0,333 \\ 0,385 & 0,368 & 0,375 \\ 0,556 & 0,333 & 0,333 \\ 0,455 & 0,368 & 0,375 \\ 0,385 & 0,368 & 0,429 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1,000 & 1,000 & 1,000 \end{bmatrix}$$

2.4.7 Penentuan Bobot Faktor Risiko

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan derajat hubungan *grey*, dilihat berdasarkan koefisien relasional *grey* dan bobot kelompok *risk factor* (β_k). Penelitian dilakukan hanya dengan 1 (satu) *team member*, dan untuk pemberian nilai bobot pada *severity*, *occurrence*, dan *detection* diasumsikan sama. Bobot masing-masing *risk factor* dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6 Bobot *severity*, *occurrence*, dan *detection*

Bobot	S	O	D	
	0,333	0,333	0,333	1,000

2.4.3 Perhitungan Derajat Relasi

Tahap ini dilakukan setelah menentukan bobot yang digunakan pada ketiga *risk factor*. Bobot digunakan untuk perhitungan derajat hubungan *grey*, perhitungan derajat hubungan *grey* dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7 Derajat Relasi

No.	Γ_{0i}
1	0,345
2	0,376
3	0,407
4	0,399
5	0,394
...	...
65	1,000

2.4.4 Penentuan Urutan Tingkat Risiko

Tahap terakhir yaitu mengurutkan risiko prioritas dari perhitungan derajat hubungan *grey* dimulai dari nilai yang terkecil sampai terbesar. Pengurutan Tingkat Risiko dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8 Urutan Tingkat Risiko

Γ_{0i}	Rank
0,345	1
0,376	2
0,394	3
0,394	3
0,399	4

0,401	5
0,407	6
0,408	7
0,414	8
0,417	9
0,417	9
0,419	10
0,427	11
0,427	11
0,432	12
0,432	12
0,441	13
0,447	14
0,447	14
0,447	14
0,450	15
0,450	15
0,451	16
0,455	17
0,455	17
0,465	18
0,474	19
0,474	19
0,475	20
0,484	21
0,486	22
0,489	23
0,498	24
0,518	25
0,518	25
0,518	25
0,518	25
0,528	26
0,531	27

Tabel 8 Urutan Tingkat Risiko (Lanjutan)

$\Gamma 0i$	<i>Rank</i>
0,531	27
0,531	27
0,542	28
0,542	28
0,560	29
0,560	29
0,584	30
0,584	30
0,584	30
0,599	31

Urutan Prioritas Perbaikan Kegagalan Berdasarkan Metode Failure Mode Effect Analysis

0,613	32
0,613	32
0,745	33
0,745	33
0,747	34
0,747	34
0,747	34
0,747	34
0,747	34
0,793	35
0,793	35
1,000	36
1,000	36
1,000	36
1,000	36
1,000	36

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil RPN dengan FMEA *fuzzy* dan Peringkat Terbaru Berdasarkan *Fuzzy Grey*

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan bobot sebesar 0,333 menunjukkan bahwa bobot yang diberikan pada ketiga *risk factor* tidak akan mengubah jumlah urutan prioritas melainkan mengubah urutan prioritas saja. Hasil RPN dengan FMEA *fuzzy* dan peringkat terbaru berdasarkan *fuzzy grey* dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9 Hasil F-RPN dan Peringkat Terbaru berdasarkan *Grey Relation*

No	Potential failure mode	S	O	D	RPN	RANK	S	O	D	FRPN	RANK	S	O	D	GREY RELATION	RANK
1	Kegagalan operator	8	7	7	392	1	1,000	0,857	1,000	0,911	1	0,333	0,368	0,333	0,345	1
2		7	7	6	294	2	0,800	0,857	0,833	0,738	2	0,385	0,368	0,375	0,376	2
3		5	8	7	280	3	0,400	1,000	1,000	0,652	4	0,556	0,333	0,333	0,407	6
4	Kesalahan Mesin	6	7	6	252	4	0,600	0,857	0,833	0,659	3	0,455	0,368	0,375	0,399	4
5		7	7	5	245	5	0,800	0,857	0,667	0,554	8	0,385	0,368	0,429	0,394	3
6		5	7	7	245	5	0,400	0,857	1,000	0,640	5	0,556	0,368	0,333	0,419	10
7		7	7	5	245	5	0,800	0,857	0,667	0,554	8	0,385	0,368	0,429	0,394	3
8		8	7	4	224	6	1,000	0,857	0,500	0,570	6	0,333	0,368	0,500	0,401	5
9	Material Tidak Sempurna	6	6	6	216	7	0,600	0,714	0,833	0,567	7	0,455	0,412	0,375	0,414	8
10	Peralatan Produksi Tidak Bekerja Dengan Baik	7	6	5	210	8	0,800	0,714	0,667	0,504	9	0,385	0,412	0,429	0,408	7
11		6	7	5	210	8	0,600	0,857	0,667	0,453	12	0,455	0,368	0,429	0,417	9
12		6	7	5	210	8	0,600	0,857	0,667	0,453	12	0,455	0,368	0,429	0,417	9
13		6	6	5	180	9	0,600	0,714	0,667	0,442	13	0,455	0,412	0,429	0,432	12
14	Lingkungan Kerja	5	6	6	180	9	0,400	0,714	0,833	0,501	10	0,556	0,412	0,375	0,447	14
15	Kegagalan operator	5	6	6	180	9	0,400	0,714	0,833	0,501	10	0,556	0,412	0,375	0,447	14
16		5	6	6	180	9	0,400	0,714	0,833	0,501	10	0,556	0,412	0,375	0,447	14
17	Kegagalan operator	7	5	5	175	10	0,800	0,571	0,667	0,441	14	0,385	0,467	0,429	0,427	11
18		7	5	5	175	10	0,800	0,571	0,667	0,441	14	0,385	0,467	0,429	0,427	11
19		5	7	5	175	10	0,400	0,857	0,667	0,431	15	0,556	0,368	0,429	0,451	16
20	Kesalahan Mesin	6	7	4	168	11	0,600	0,857	0,500	0,376	17	0,455	0,368	0,500	0,441	13
21		4	7	6	168	11	0,200	0,857	0,833	0,323	22	0,714	0,368	0,375	0,486	22
22		7	6	4	168	11	0,800	0,714	0,500	0,462	11	0,385	0,412	0,500	0,432	12
23	Material Tidak Sempurna	6	5	5	150	12	0,600	0,571	0,667	0,414	16	0,455	0,467	0,429	0,450	15
24	Peralatan Produksi Tidak Bekerja Dengan Baik	5	6	5	150	12	0,400	0,714	0,667	0,375	18	0,556	0,412	0,429	0,465	18
25		6	5	5	150	12	0,600	0,571	0,667	0,414	16	0,455	0,467	0,429	0,450	15
26		6	6	4	144	13	0,600	0,714	0,500	0,376	17	0,455	0,412	0,500	0,455	17
27		6	6	4	144	13	0,600	0,714	0,500	0,376	17	0,455	0,412	0,500	0,455	17
28	Lingkungan Kerja	5	7	4	140	14	0,400	0,857	0,500	0,309	23	0,556	0,368	0,500	0,475	20
29		5	5	5	125	15	0,400	0,571	0,667	0,279	24	0,556	0,467	0,429	0,484	21
30	Kegagalan operator	6	5	4	120	16	0,600	0,571	0,500	0,371	20	0,455	0,467	0,500	0,474	19
31		4	6	5	120	16	0,200	0,714	0,667	0,256	26	0,714	0,412	0,429	0,518	25
32		4	6	5	120	16	0,200	0,714	0,667	0,256	26	0,714	0,412	0,429	0,518	25
33	Kesalahan Mesin	4	6	5	120	16	0,200	0,714	0,667	0,256	26	0,714	0,412	0,429	0,518	25
34		4	6	5	120	16	0,200	0,714	0,667	0,256	26	0,714	0,412	0,429	0,518	25
35		5	6	4	120	16	0,400	0,714	0,500	0,309	23	0,556	0,412	0,500	0,489	23
36	Material Tidak Sempurna	6	4	5	120	16	0,600	0,429	0,667	0,372	19	0,455	0,538	0,429	0,474	19
37	Peralatan Produksi Tidak Bekerja Dengan Baik	4	7	4	112	17	0,200	0,857	0,500	0,261	25	0,714	0,368	0,500	0,528	26
38		3	7	5	105	18	0,000	0,857	0,667	0,238	27	1,000	0,368	0,429	0,599	31
39		4	6	4	96	19	0,200	0,714	0,500	0,261	25	0,714	0,412	0,500	0,542	28
40	Lingkungan Kerja	4	6	4	96	19	0,200	0,714	0,500	0,261	25	0,714	0,412	0,500	0,542	28
41		6	4	4	96	19	0,600	0,429	0,500	0,332	21	0,455	0,538	0,500	0,498	24
42	Kegagalan operator	3	6	5	90	20	0,000	0,714	0,667	0,197	28	1,000	0,412	0,429	0,613	32
43		3	6	5	90	20	0,000	0,714	0,667	0,197	28	1,000	0,412	0,429	0,613	32
44		4	4	5	80	21	0,200	0,429	0,667	0,169	30	0,714	0,538	0,429	0,560	29
45	Kesalahan Mesin	4	4	5	80	21	0,200	0,429	0,667	0,169	30	0,714	0,538	0,429	0,560	29
46		6	4	3	72	22	0,600	0,429	0,333	0,191	29	0,455	0,538	0,600	0,531	27
47		6	4	3	72	22	0,600	0,429	0,333	0,191	29	0,455	0,538	0,600	0,531	27
48	Material Tidak Sempurna	6	4	3	72	22	0,600	0,429	0,333	0,191	29	0,455	0,538	0,600	0,531	27
49	Peralatan Produksi Tidak Bekerja Dengan Baik	4	4	4	64	23	0,200	0,429	0,500	0,114	32	0,714	0,538	0,500	0,584	30
50		4	4	4	64	23	0,200	0,429	0,500	0,114	32	0,714	0,538	0,500	0,584	30
51		4	4	4	64	23	0,200	0,429	0,500	0,114	32	0,714	0,538	0,500	0,584	30
52	Lingkungan Kerja	3	3	3	27	25	0,000	0,286	0,333	0,110	33	1,000	0,636	0,600	0,745	33
53		3	3	3	27	25	0,000	0,286	0,333	0,110	33	1,000	0,636	0,600	0,745	33
54	Kegagalan operator	3	2	3	18	26	0,000	0,143	0,333	0,065	35	1,000	0,778	0,600	0,793	35
55		3	2	3	18	26	0,000	0,143	0,333	0,065	35	1,000	0,778	0,600	0,793	35
56		4	2	2	16	27	0,200	0,143	0,167	0,069	34	0,714	0,778	0,750	0,747	34
57	Kesalahan Mesin	4	2	2	16	27	0,200	0,143	0,167	0,069	34	0,714	0,778	0,750	0,747	34
58		4	2	2	16	27	0,200	0,143	0,167	0,069	34	0,714	0,778	0,750	0,747	34
59	Material Tidak Sempurna	4	2	2	16	27	0,200	0,143	0,167	0,069	34	0,714	0,778	0,750	0,747	34
60		4	2	2	16	27	0,200	0,143	0,167	0,069	34	0,714	0,778	0,750	0,747	34
61	Peralatan Produksi Tidak Bekerja Dengan Baik	3	1	1	3	28	0,000	0,000	0,000	0,035	36	1,000	1,000	1,000	1,000	36
62		3	1	1	3	28	0,000	0,000	0,000	0,035	36	1,000	1,000	1,000	1,000	36
63		3	1	1	3	28	0,000	0,000	0,000	0,035	36	1,000	1,000	1,000	1,000	36
64	Lingkungan Kerja	3	1	1	3	28	0,000	0,000	0,000	0,035	36	1,000	1,000	1,000	1,000	36
65		3	1	1	3	28	0,000	0,000	0,000	0,035	36	1,000	1,000	1,000	1,000	36

3.2. Analisis Penentuan Bobot terhadap Nilai *Grey Relation*

Dari perhitungan tersebut untuk membuktikan pernyataan tersebut dilakukan simulasi. Simulasi dilakukan dengan memberikan bobot yang berbeda pada ketiga *risk factor*. Simulasi bobot yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Simulasi Bobot

Skenario	S	O	D
1	0,333	0,333	0,333
2	0,500	0,250	0,250
3	0,250	0,500	0,250
4	0,250	0,250	0,500

Hasil simulasi membuktikan pemberian bobot ini mempengaruhi urutan prioritas untuk dilakukan perbaikan, semakin besar bobot pada setiap *potential cause* nya maka kegagalan produk karena *potential cause* tersebut akan lebih dulu diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan.

3.3. Analisis Perbandingan Urutan Prioritas Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode Grey

Berdasarkan Tabel 9 di atas, data dengan nilai RPN yang sama dengan komposisi *risk factor* yang berbeda sudah terpecahkan dengan menggunakan metode FMEA *fuzzy* dan juga dengan metode *fuzzy grey*. Peringkat yang memiliki kesamaan sudah berkurang, hasil urutan prioritas untuk dilakukan perbaikan terjadi perubahan pada metode FMEA *fuzzy* dan metode *fuzzy grey*. Hal ini juga dapat dilihat dari jumlah peringkat yang dihasilkan sebelum menggunakan metode *grey* yaitu terdapat 28 peringkat dengan menggunakan metode FMEA konvensional, dan 36 peringkat dengan menggunakan metode *fuzzy*FMEA dan metode *fuzzy grey*. Hasil perhitungan *fuzzy grey*, jika bobot yang digunakan sama besarnya untuk setiap *risk factor* dilihat dari perhitungan *fuzzy* FMEA tidak mengalami perubahan jumlah prioritas hanya saja adanya perubahan urutan prioritas. Dapat disimpulkan baik *fuzzy* FMEA maupun *fuzzy grey* tidak menyelesaikan permasalahan jika nilai RPN sama dengan komposisi *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang sama juga.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian yang dilakukan yakni Metode *fuzzy grey* merupakan alternatif lain selain menggunakan metode FMEA *fuzzy* untuk menentukan urutan prioritas yang memiliki nilai RPN yang sama yang dibentuk dari nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang berbeda dan metode *fuzzy grey* dapat dilakukan dengan menentukan bobot *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang sama maupun berbeda, dimana bobot ini tidak mempengaruhi jumlah prioritas hanya mengubah urutan prioritas tiap *potential failure mode* nya.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofyan. (2004). Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
- Bonnici, T. S., & Channon, D. F. (2017). Pricing Strategy. 1.
- Carlson, C. S. (2014). Which FMEA Mistakes Are You Making To Effective Audit Process. Quality Progress, pp. 22-36.
- Cheng, C. L., Liu, P. H., & Wei, C. C. (2001). Failure mode and effects analysis using grey theory. Integrated Manufacturing Systems, 12(3), 211–216
- Rizki dan Arie. (2022). Analysis of Boiler Start-Up Failure Risk with Grey FMEA and RCA Methods in Pt. PLTU Nagan Raya. Aceh: Politeknik Aceh Selatan.
- Robin E. McDermott. 2009. The Basic of FMEA 2nd Edition. Textbook. ISBN 978-1- 56327-377-3.
- Stamatis. (1995). *Failure Mode and Effect Analysis*, ASQC. United States Of America.
- Suntoro, J. (2019). Data Mining: Algoritma dan Implementasi dengan pemrograman PHP. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Tan, P., Steinbach,M., Kumar,V. (2006). Introduction to Data Mining. Boston: Pearson Education

- Tjahjaningsih, Y. S. 2016. Penentuan Prioritas Perbaikan Kegagalan Proses dalam Pengendalian Kualitas dengan Mengintegrasikan FMEA dan Grey Theory. Prosiding SENIATI. C-170.
- Tjiptono dan Fandy. (2012). *Strategy Pemasaran*. Edisi Pertama. Andi Offset. Yogyakarta.
- Umar. 2001. Strategic Management InAction. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Vrusias. (2008). Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pendukung Keputusan dan Terapannya. Yogyakarta
- Widiari, N. P. A., Suarjaya, I. M. A. D., & Githa, D. P. (2020). Teknik Data Cleaning Menggunakan Snowflake untuk Studi Kasus Objek Pariwisata di Bali. Bali: Universitas Udayana.
- Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. 2016. Data Mining: Practical machine learning tools and techniques. Morgan Kaufmann.