

## Integrasi FMEA dan TOPSIS dalam strategi mitigasi risiko K3 pada aktivitas pemesinan bubut: studi kasus di PT. SPPA

*(Integration of FMEA and TOPSIS for ohs risk mitigation strategy in lathe machining activities : case study in PT. SPPA)*

Lina Dianati Fathimahhayati<sup>1\*</sup>, Fahreza Dwi Witriyan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Industri, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur

\*Corresponding author: [linadianatif@ft.unmul.ac.id](mailto:linadianatif@ft.unmul.ac.id)

Received 23<sup>rd</sup> February 2023; Revised 21<sup>th</sup> March 2023; Accepted 8<sup>th</sup> April 2023

**Abstrak.** Proses pemesinan yang dilakukan PT. SPPA dengan menggunakan mesin bubut masih dilakukan secara konvensional terutama pada proses *rebuilding idler*. Terdapat beberapa risiko kecelakaan kerja yang dapat menyebabkan operator mengalami cedera pada saat melakukan aktivitas tersebut. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan, perlu dilakukan upaya mitigasi risiko. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan mengintegrasikan metode FMEA dan TOPSIS untuk merumuskan strategi mitigasi risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi risiko serta menilai level risiko berdasarkan skala keparahan, frekuensi kejadian dan deteksi. Sedangkan TOPSIS digunakan untuk menentukan urutan prioritas rekomendasi perbaikan dalam mengatasi risiko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 17 risiko dalam kegiatan pemesinan dengan mesin bubut, dimana risiko dengan nilai RPN tertinggi berdasarkan prinsip pareto adalah nyeri atau kram otot saat *set up* mesin, terpapar kebisingan, dan terpapar *chip* dari proses bubut. Selanjutnya, masing-masing risiko dicari akar penyebab permasalahan dengan menggunakan metode 5 Whys dan didapatkan hasil bahwa penyebab terjadinya risiko-risiko tersebut adalah peralatan kerja kurang berkualitas, kurangnya pelatihan, sosialisasi atau *briefing* tentang K3, dan masalah penyediaan APD memerlukan biaya yang cukup tinggi. Berdasarkan permasalahan tersebut, disusun urutan prioritas rekomendasi perbaikan berdasarkan metode TOPSIS yaitu melakukan pengecekan rutin kondisi kelayakan alat, memberikan SOP penggunaan alat, penyediaan APD yang sesuai dengan pekerjaan, memberikan pelatihan pada karyawan, memberikan waktu istirahat yang cukup, dan menyediakan alat kerja berkualitas tinggi.

Kata kunci: FMEA, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), mitigasi risiko, TOPSIS.

**Abstract.** *The machining process in PT. SPPA is still carried out conventionally, especially in the idler rebuilding process. There are found work accidents that result in work-related illnesses. In preventing accidents, it is necessary to do risk management efforts. Therefore it is necessary to conduct research by integrating FMEA and TOPSIS for risk management strategies in Occupational Health and Safety (OHS). The FMEA method is used to identify risks and assess the level of risk based on severity, occurrence and detection. Furthermore, the TOPSIS method is used to determine the order of priority for improvement to overcome existing risks. The results showed that there were 17 risks in machining activities with a lathe where the risks with the highest RPN value were experiencing pain or muscle cramps when setting up the lathe, experiencing noise during the lathe process, and exposure to chips from the lathe process. Furthermore, each risk is investigated using the 5 Whys method to determine the root causes of the problems, and it was found that the causes of these risks were low-quality work equipment, lack of training, socialization or briefings on OHS, and the high cost of providing adequate PPE. Based on these issues, a priority list of recommendations for improvement is compiled using the TOPSIS method, including routine equipment condition checks, providing SOPs for equipment use, providing appropriate PPE for each job, providing training for employees, allowing adequate rest time, and providing high-quality work equipment.*

**Keywords:** *Occupational Health and Safety (OHS), FMEA, risk mitigation, TOPSIS.*

## 1. Pendahuluan

Manajemen risiko melibatkan evaluasi dan penilaian terhadap tingkat risiko yang ada, serta pengembangan strategi untuk mengatasi risiko tersebut. Ada beberapa strategi yang dapat digunakan dalam pengelolaan risiko, seperti memindahkan risiko kepada pihak lain, menghindari risiko, mengurangi dampak negatif risiko, dan menanggung sebagian atau seluruh akibat dari risiko tertentu. Tujuan dari manajemen risiko adalah untuk mengelola risiko agar organisasi dapat bertahan atau bahkan memanfaatkan ketidakpastian risiko secara optimal. Manajemen risiko digunakan sebagai sarana untuk melindungi perusahaan dari segala kemungkinan yang dapat menyebabkan kerugian. Dalam aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kerugian berasal dari kejadian tidak diinginkan yang timbul dari aktivitas organisasi. Kecelakaan kerja termasuk ke dalam risiko yang merugikan yang tentunya perlu untuk dilakukan mitigasi atau tindakan pengendalian. Oleh karena itu, dengan adanya manajemen risiko K3 akan sangat membantu perusahaan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan dengan cara mencegah terjadinya kecelakaan yang tidak diinginkan secara komprehensif, terencana dan terstruktur dalam suatu sistem yang baik (Ramli, 2010).

Menurut konsep keilmuan, K3 merujuk pada seluruh pengetahuan dan praktik yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja (PAK), kebakaran, ledakan, dan pencemaran lingkungan (Mathews et al., 2018; Hendri, 2020; Safruddin & Hasibuan, 2020). Implementasi K3 bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat bagi semua orang yang terlibat di dalamnya, termasuk karyawan, pelanggan, dan pengunjung. Diharapkan dengan menerapkan K3 secara tepat, maka akan dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan risiko kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.

PT. SPPA merupakan perusahaan yang melayani perbaikan *part* alat berat seperti *idler*, *track shoe*, *bucket* dan lainnya, serta perbaikan dan pemeriksaan berbagai jenis mesin, seperti genset, mesin las, kompresor, pompa air, traktor, dan sebagainya. Selain itu PT. SPPA juga menawarkan rental untuk beberapa tipe mesin las. Aktivitas dalam melakukan kegiatan operasionalnya, PT. SPPA menggunakan beberapa proses permesinan seperti mesin las SAW, mesin las SMAW, *gas cutting machine*, mesin bubut dan beberapa perkakas permesinan lainnya. Dimana pastinya memiliki risiko terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja yang menggunakannya.

Keberhasilan manajemen risiko K3 bergantung pada kemampuan untuk mengidentifikasi semua bahaya yang mungkin muncul dalam kegiatan. Jika semua bahaya berhasil diidentifikasi secara menyeluruh, maka perusahaan dapat melakukan pengelolaan risiko secara komprehensif. Salah satu metode untuk mengidentifikasi bahaya dan risiko dalam K3 adalah metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Immawan et al., 2018). Metode FMEA secara luas menggunakan teknik rekayasa untuk mendefinisikan, mengidentifikasi dan menghilangkan kegagalan yang diketahui dan/atau potensial, masalah, kesalahan dan sebagainya dari sistem, desain, proses, dan/atau layanan sebelum sampai ke pelanggan (Aprianto et al., 2021)

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi risiko K3 yang dapat terjadi pada PT. SPPA melalui analisis FMEA yang kemudian dari risiko-risiko tersebut diberikan usulan prioritas mitigasi risiko melalui metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Metode TOPSIS bertujuan untuk menentukan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif (Pourmadadkar et al., 2017). Solusi ideal positif memaksimalkan kriteria manfaat dan meminimalkan kriteria biaya, sedangkan solusi ideal negatif memaksimalkan kriteria biaya dan meminimalkan kriteria manfaat (Fan & Cheng, 2009). Dalam metode TOPSIS, alternatif yang optimal adalah yang paling dekat dengan solusi ideal positif dan paling jauh dari solusi ideal negatif.

## 2. Metoda

Objek penelitian ini adalah pada proses produksi *rebuilding idler* menggunakan mesin bubut di PT. SPPA yang berlokasi di Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Pemilihan objek penelitian pada mesin bubut dikarenakan proses bubut masih dilakukan secara konvensional dan juga pengerjaan bubut termasuk kegiatan yang paling banyak memakan waktu dibandingkan kegiatan-kegiatan lainnya pada proses *rebuilding idler*. Kegiatan pada mesin bubut sendiri di bagi menjadi 3

tahap yaitu persiapan berupa persiapan bahan kerja dan alat kerja (*set up*), proses pemesinan, dan juga tahap akhir yaitu pengecekan hasil bubut serta pemindahan benda kerja dari mesin bubut. Pada tahap-tahap penggunaan mesin bubut tersebut tentunya terdapat risiko-risiko kerja dan juga masih terdapat kecelakaan kerja yang berakibat operator mengalami sakit akibat kerja seperti kram otot, tergores benda kerja, terpapar chip dari proses pembubutan, terpapar kebisingan dan lain-lain.

Data primer dalam penelitian ini didapatkan melalui hasil observasi yaitu data risiko-risiko kecelakaan kerja apa saja yang ada pada proses produksi *rebuilding idler* menggunakan mesin bubut. Selain itu juga dilakukan wawancara kepada *fabrication engineer* PT. SPPA. Kemudian data risiko kecelakaan kerja tersebut diolah menggunakan metode FMEA dengan cara menentukan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D).

Hasil akhir dari metode FMEA adalah *Risk Priority Number* (RPN) atau angka risiko prioritas. Nilai RPN dihitung berdasarkan perkalian antara tiga peringkat kuantitatif yaitu efek atau pengaruh, penyebab, dan deteksi pada setiap proses atau dikenal dengan perkalian *severity*, *occurrence*, *detection* (S,O,D). Dalam menentukan tingkat *severity* (tingkat keparahan) dapat ditentukan seberapa serius kerusakan yang dihasilkan dengan terjadinya kegagalan proses dalam hal operasi perawatan dan kegiatan operasional pabrik. Nilai *severity* dapat dilihat pada [Tabel 1](#).

**Tabel 1** Skala Nilai *Severity*

Rating	Effect	Tingkat keparahan
10	<i>Hazardous without warning</i> (HWOW)	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem <i>safety</i> tanpa peringatan
9	<i>Hazardous with warning</i> (HWW)	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem <i>safety</i> peringatan
8	<i>Very High</i> (VH)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan
7	<i>High</i> (H)	Sistem tidak dapat beroperasi jika peralatan rusak
6	<i>Moderate</i> (M)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil
5	<i>Low</i> (L)	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa kerusakan
4	<i>Very Low</i> (VL)	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami penurunan secara signifikan
3	<i>Minor</i> (MR)	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan
2	<i>Very Minor</i> (VMR)	Sistem dapat beroperasi dengan sedikit gangguan
1	<i>None</i> (N)	Tidak ada pengaruh

Sumber: ([Wang et al., 2009](#))

Selanjutnya *occurrence* ditentukan berdasarkan seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada kegiatan operasional pabrik. Skala nilai *occurrence* dapat dilihat pada [Tabel 2](#). Kemudian dalam menentukan tingkat deteksi dapat ditentukan bagaimana kegagalan tersebut dapat diketahui sebelum terjadi. Tingkat deteksi juga dapat dipengaruhi dari banyaknya kontrol yang mengatur jalannya proses. *Detection* ditentukan dengan skala 1-10 seperti tersaji pada [Tabel 3](#)

**Tabel 2** Skala Nilai *Occurrence*

Ranking	Probability of Occurrence	Probabilitas kegagalan
10	<i>Very High</i> : kegagalan hampir tidak bisadihindari	>1 dalam 2
9		1 dalam 3
8	<i>High</i> : kegagalan berulang	1 dalam 8
7		1 dalam 20
6	<i>Moderate</i> : sesekali kegagalan	1 dalam 80
5		1 dalam 400
4	<i>Low</i> : relatif sedikit kegagalan	1 dalam 2000
3		1 dalam 15.000
2	<i>Remote</i> : tidak terjadi kegagalan (mustahil)	1 dalam 150.000
1		1 dalam 1.500.000

Sumber: ([Wang et al., 2009](#))

**Tabel 3** Skala Nilai *Detection*

<b>Rating</b>	<b>Detection</b>	<b>Kemungkinan Deteksi Oleh Alat Pengontrol</b>
10	<i>Absolute uncertainty</i>	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
9	<i>Very remote</i>	Sangat kecil kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
8	<i>Remote</i>	Kecil kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
7	<i>Very low</i>	Sangat rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
6	<i>Low</i>	Rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
5	<i>Moderate</i>	Sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
4	<i>Moderately high</i>	Sangat sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
3	<i>High</i>	Tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
2	<i>Very high</i>	Sangat tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
1	<i>Almost certain</i>	Hampir pasti kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya

Sumber: (Wang et al., 2009)

Setelah didapatkan nilai RPN dari masing-masing risiko, langkah selanjutnya menentukan 20% risiko kecelakaan prioritas dengan menggunakan diagram pareto. Prinsip Pareto dikenal sebagai aturan 80/20 adalah fenomena yang menyatakan bahwa sekitar 80% hasil berasal dari 20% penyebab. Hasil dari prinsip pareto 80/20 ini adalah memperlihatkan risiko kecelakaan yang potensial dimana pada 80% permasalahan yang ada disebabkan oleh 20% penyebab. Kemudian risiko-risiko tersebut dicari penyebab terjadinya permasalahan tersebut menggunakan teknik 5 Whys. Teknik 5 Whys merupakan suatu alat untuk menganalisis akar permasalahan secara mendalam (Serrat, 2017). Teknik ini adalah praktik bertanya “mengapa” sebanyak lima kali mengenai mengapa sebuah masalah teknis terjadi dalam upaya menentukan akar penyebab dari suatu kerusakan atau masalah.

Setelah akar masalah yang menyebabkan risiko tersebut diidentifikasi, dilakukan usulan perbaikan yang kemudian dianalisis menggunakan metode TOPSIS untuk menentukan prioritas kategori dari setiap usulan. TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang ditemukan oleh Kwangsun Yoon dan Hwang Ching-Lai pada tahun 1981. Menurut Hwang dan Zeleny dalam Kusumadewi et al. (2006) pada dasarnya, proses pengambilan keputusan adalah memilih suatu alternatif. TOPSIS didasarkan pada konsep dimana alternatif terpilih yang terbaik tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif (A+), namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif (A-).

Metode TOPSIS mengharuskan alternatif yang terpilih untuk memiliki jarak terdekat dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif dari sudut pandang geometri. Penggunaan jarak euclidean digunakan untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi yang optimal. Solusi ideal positif terdiri dari nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sedangkan solusi ideal negatif terdiri dari nilai terburuk yang dicapai untuk setiap atribut. Dalam metode TOPSIS, kedua hal tersebut dipertimbangkan dengan memperhitungkan jarak terhadap solusi ideal positif dan solusi ideal negatif, kemudian mengambil kedekatan relatif terhadap solusi ideal positif. Berdasarkan perbandingan terhadap jarak relatifnya, susunan prioritas alternatif bisa dicapai (Kurniasih, 2013).

Adapun langkah langkah dalam metode TOPSIS adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan matriks keputusan yang ternormalisasi, hasil perhitungan akar kuadrat dari nilai masing masing matrik keputusan.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}} \dots\dots\dots (1)$$

- b. Menghitung matrik keputusan yang ternormalisasi berbobot, perhitungan matrik ternormalisasi dikalikan dengan bobot masing masing kriteria.

$$W = W_1, W_2, W_3, \dots, W_n \dots\dots\dots (2)$$

$$Y_{ij} = W_j \cdot r_{ij} \dots\dots\dots (3)$$

- c. Menghitung matrik solusi ideal positif dan solusi ideal negative

$$A^+ = (Y_{1+}, Y_{2+}, \dots, Y_{n+}) \dots\dots\dots (4)$$

$$A^- = (Y_{1-}, Y_{2-}, \dots, Y_{n-}) \dots\dots\dots (5)$$

- d. Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matrik solusi ideal positif dan matrik solusi ideal negatif.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij}^+ - Y_{ij})^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_{ij}^-)^2} \dots\dots\dots (7)$$

- e. Menentukan nilai reference untuk setiap alternatif ( $V_i$ )

$$V_i = \frac{D_i^+}{D_i^+ - D_i^-} \dots\dots\dots (8)$$

- f. Nilai  $V_i$  yang lebih besar menunjukkan alternatif  $A_i$  lebih dipilih.

### 3. Hasil dan Pembahasan

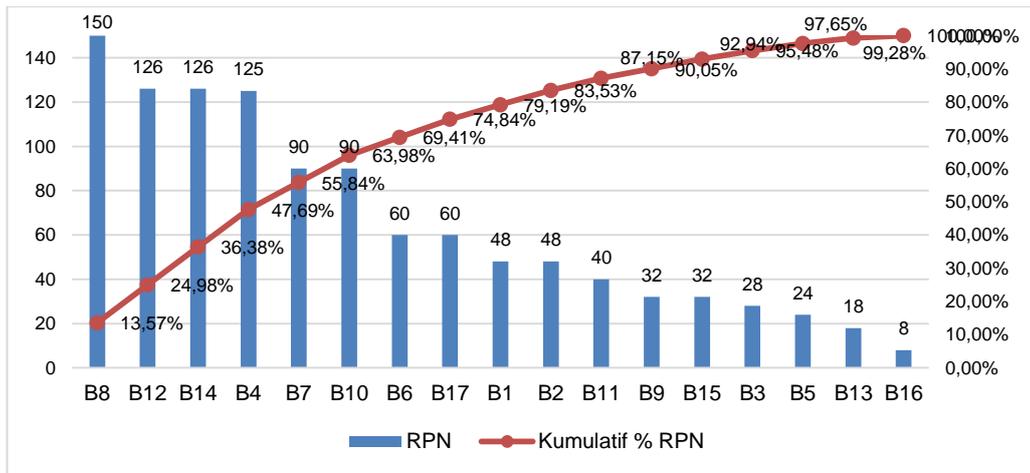
Hasil identifikasi risiko kecelakaan kerja dan penilaian risiko menggunakan metode FMEA dapat dilihat pada [Tabel 4](#).

**Tabel 4** Penilaian Risiko Pada Proses Produksi *Rebuilding Idler* Menggunakan Mesin Bubut

Kegiatan	Identifikasi Risiko	Simbol	S	O	D	RPN
Persiapan	Tersandung atau terpeleset	B1	4	3	4	48
	Tangan tergores permukaan idler yang tidak rata atau tajam	B2	4	4	3	48
	Tertimpa atau terjepit oleh benda kerja	B3	7	2	2	28
	Terkena nyeri atau kram otot saat menggunakan <i>chain block</i>	B4	5	5	5	125
	Tangan terkena gerinda saat menyiapkan pahat mesin bubut	B5	4	3	2	24
	terhirup debu gerinda saat menyiapkan pahat mesin bubut	B6	3	4	5	60
	Terpapar percikan pada saat proses penggerindaan pahat mesin bubut	B7	3	5	6	90
	Terkena nyeri atau kram otot saat <i>set up</i> mesin bubut	B8	5	5	6	150
Pengerjaan bubut	Terserum mesin bubut	B9	8	2	2	32
	Terpapar panas saat proses bubut	B10	3	6	5	90
	Tergores saat proses bubut	B11	2	4	5	40
	Terpapar chip dari proses bubut	B12	3	6	7	126
	Tergulung	B13	9	1	2	18
	Terpapar kebisingan saat proses bubut	B14	3	7	6	126
	Terkena <i>idler</i> yang panas	B15	4	4	2	32
Pemindahan bahan dari mesin	Idler jatuh dan terkena kaki atau bagian tubuh yang lain	B16	8	1	1	8
	Tangan tergores permukaan benda yang tidak rata atau tajam	B17	5	4	3	60

Setelah nilai RPN untuk setiap risiko ditentukan, langkah berikutnya adalah menentukan 20% risiko kecelakaan dengan prioritas tertinggi menggunakan diagram pareto. Diagram pareto membantu dalam memusatkan perhatian pada 20% penyebab utama dibandingkan dengan 80% penyebab lainnya yang hanya berdampak kecil pada masalah yang ada. Risiko kecelakaan yang termasuk dalam 20% dengan dampak terbesar, yang dapat dilihat dari nilai RPN, akan diidentifikasi dan

dicari solusi alternatif untuk mengurangi risikonya. Berikut hasil olah diagram paerto dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram Pareto Risiko Proses Produksi *Rebuilding Idler* Menggunakan Mesin Bubut.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan diagram pareto didapatkan 20% risiko kecelakaan prioritas dimana terdapat tiga risiko kecelakaan yang potensial yang masuk dalam 20% penyebab yaitu, terkena nyeri atau kram otot saat *set up* mesin bubut, terpapar kebisingan saat proses bubut, dan terpapar *chip* dari proses bubut. Sehingga kita dapat memfokuskan pengendalian risiko terhadap ketiga risiko tersebut.

Selanjutnya dilakukan analisis 5 *Whys* untuk mendapatkan dan mengetahui akar dari suatu permasalahan. Metode ini dengan cepat mengidentifikasi akar masalah utama yang dihadapi dengan menggunakan pertanyaan langsung yang terfokus pada kinerja yang terjadi. Dengan pendekatan ini, kasus-kasus sederhana dapat dipecahkan tanpa memerlukan sumber daya yang berlebihan. Metode ini mudah dipelajari dan diterapkan. Praktiknya sangat sederhana, hanya dengan menanyakan "Mengapa" dan kemudian terus mengulangi pertanyaan tersebut sampai tidak ada jawaban lagi. Jawaban terakhir tersebut adalah inti dari masalah sebenarnya (Widanto & Prastawa, 2018). Berikut penerapan metode 5 *Whys* untuk mencari akar permasalahan. Hasil *why analysis* dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 5 *Whys Analysis* Terkena Nyeri atau Kram Otot Saat *Set Up* Mesin Bubut

No.	Whys	Answer
1.	Mengapa bisa mengalami nyeri atau kram otot saat <i>set up</i> mesin bubut?	Operator mengalami kelelahan
2.	Mengapa operator mengalami kelelahan?	Gerakan yang dilakukan saat <i>set up</i> kurang tepat
3.	Mengapa gerakan yang dilakukan saat <i>set up</i> kurang tepat?	Operator terburu-buru
4.	Mengapa Operator terburu-buru?	Masih banyak benda kerja yang belum selesai
5.	Mengapa masih banyak benda kerja yang belum selesai?	Peralatan kerja masih kurang berkualitas tinggi

Tabel 6 *Whys Analysis* Risiko Terpapar Kebisingan Saat Proses Bubut

No.	Whys	Answer
1.	Mengapa bisa mengalami kebisingan dan gangguan pendengaran saat proses bubut?	Operator tidak menggunakan APD ( <i>ear plug</i> )
2.	Mengapa operator tidak menggunakan APD ( <i>ear plug</i> )?	Minimnya kesadaran diri untuk menggunakan APD
3.	Mengapa minimnya kesadaran diri untuk menggunakan APD?	Kurangnya pengetahuan tentang pentingnya keselamatan kerja
4.	Mengapa masih kurangnya pengetahuan tentang keselamatan diri?	Operator kurang teredukasi
5.	Mengapa operator kurang teredukasi?	Masih diperlukannya pelatihan, sosialisasi ataupun beriefing tambahan tentang keselamatan dan kesehatan kerja

**Tabel 7** Why Analysis Risiko Terpapar Chip Dari Proses Bubut

No.	Whys	Answer
1.	Mengapa bisa terpapar chip dari proses bubut?	Chip berterbangan dan melubangi <i>wearpack</i>
2.	Mengapa Chip berterbangan dan melubangi <i>wearpack</i> ?	Operator tidak menggunakan APD yang memadai untuk proses bubut
3.	Mengapa Operator tidak menggunakan APD yang memadai untuk proses bubut?	Belum tersedianya APD yang memadai
4.	Mengapa Belum tersedianya APD yang memadai	Perusahaan Belum menyediakan APD yang sesuai standar
5.	Mengapa Perusahaan Belum menyediakan APD yang sesuai standar?	Penyediaan APD yang memadai memerlukan biaya yang cukup tinggi

Hasil dari analisis 5 *Whys* tersebut menggambarkan akar permasalahan dari risiko kecelakaan kerja yang berpotensi. Berikut solusi alternatif perbaikan atau tindakan mitigasi risiko kecelakaan yang dapat dilakukan berdasarkan hierarki pengendalian risiko K3.

a. Eliminasi Sumber Risiko

Pengendalian risiko dengan mengeliminasi sumber risiko belum dapat dilakukan karena sumber risiko merupakan pekerjaan utama yang harus dilakukan dan tidak bisa dihilangkan.

b. Substitusi Alat/Mesin/Bahan

Teknik substitusi dapat dilakukan dengan cara menyediakan alat kerja yang memiliki kualitas lebih tinggi contohnya mengganti jenis pahat bubut menjadi pahat *High Speed Steels* atau dengan pahat *insert*. Dengan mengganti pahat bubut dengan kualitas yang lebih tinggi sehingga pekerja tidak perlu terlalu sering melakukan pengasahan menggunakan mesin gerinda sehingga tidak perlu terlalu sering *set up*.

c. Perancangan

Pengendalian risiko dengan perancangan belum bisa dilakukan karena sumber bahaya (mesin bubut) sudah tidak dapat dilakukan rekayasa atau perancangan kembali.

d. Pengendalian Administrasi

Kegiatan pengendalian administrasi dilakukan dengan memberikan pelatihan K3 pada tiap karyawan, memberi SOP untuk penggunaan alat kerja, melakukan pengecekan rutin untuk kondisi kelayakan Alat Pelindung Diri (APD) dan memberi tambahan waktu istirahat. Pemberian pelatihan tambahan mengenai ergonomi, kemudian K3 ataupun pelatihan lainnya yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja, hal ini dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja seperti cara menggunakan *chain block* yang ergonomis supaya tidak terlalu cepat ataupun tidak terlalu lambat sehingga pekerja tidak mengalami nyeri otot.

Pemberian SOP seperti pemberian SOP mengenai cara memindahkan benda kerja yang baik dan benar dan SOP penggunaan APD yang sesuai pekerjaan, tentu saja SOP ini tidak hanya dibuat melainkan harus diwajibkan dan ditekankan kepada setiap pekerja. Dengan pembuatan SOP ini tentunya akan mengurangi risiko dan juga dampak risiko tersebut karena penggunaan APD ataupun alat kerja menjadi lebih teratur.

Pengecekan rutin kondisi APD sangat membantu dalam mengurangi risiko akibat kecelakaan kerja, karena ketika dalam pengecekan terdapat APD yang syang sudah tidak memenuhi standar maka akan di ganti dengan APD yang baru. Contohnya pengecekan *wearpack* pekerja apakah masih layak atau tidak, ataukah sudah banyak berlubang karena terpapar chip panas dari bubut sehingga perlu diganti. Pemberian tambahan waktu istirahat dapat mengurangi kelelahan akibat kerja sehingga kondisi pekerja dapat optimal.

e. Alat Pelindung Diri (APD)

Penyediaan APD yang sesuai dengan tiap-tiap pekerjaan misal pada pekerja mesin bubut diberikan APD berupa kacamata, *earmuff*, sarung tangan, sepatu dan pemberian *wearpack* berbahan special yang tahan panas, tentu saja hal tersebut dapat mengurangi risiko kerja.

Setelah mendapatkan alternatif tindakan untuk mengurangi risiko potensial, metode TOPSIS digunakan untuk menentukan opsi mitigasi risiko terbaik atau solusi alternatif terbaik. Kriteria untuk alternatif yang akan dipilih ditentukan terlebih dahulu menggunakan *Benefit, Cost, Opportunity, and Risk* (BCOR). Evaluasi kriteria BCOR untuk setiap alternatif dapat ditemukan pada [Tabel 8](#).

**Tabel 8** Kriteria BCOR

Kriteria	Tingkatan	Rating	Kriteria	Tingkatan	Rating
Benefit (C1)	Sangat baik	5	Opportunity (C3)	Sangat Siap	5
	Baik	4		Siap	4
	Cukup	3		Cukup Siap	3
	Buruk	2		Tidak Siap	2
	Sangat Buruk	1		Sangat Tidak Siap	1
Cost (C2)	Sangat Murah	5	Risk (C4)	Sangat Kecil	5
	Murah	4		Kecil	4
	Sedang	3		Sedang	3
	Mahal	2		Besar	2
	Sangat Mahal	1		Sangat Besar	1

Opsi tindakan mitigasi risiko yang telah didapatkan kemudian dilakukan penilaian dengan kriteria BCOR melalui *Focus Group Discussion* yang mana penulis memberikan saran penilaian dan kemudian diverifikasi bersama *General Manager* PT. SPPA apakah penilaian sudah sesuai. Sehingga didapatkan nilai BCOR untuk tiap mitigasi risiko atau solusi alternatif yang ada seperti pada [Tabel 9](#).

**Tabel 9** Penilaian Keriteria BCOR

Kode	Mitigasi (Solusi Alternatif)	C1	C2	C3	C4
A1	Memberi pelatihan pada tiap karyawan	4	3	4	3
A2	Memberi SOP untuk penggunaan alat baik alat Pelindung Diri (APD) ataupun alat kerja	5	5	4	3
A3	Menyediakan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai dengan tiap tiap pekerjaan	5	2	4	4
A4	Melakukan pengecekan rutin untuk kondisi kelayakan Alat Pelindung Diri (APD)	4	5	5	4
A5	Menyediakan Alat kerja yang memiliki kualitas cukup tinggi	3	2	3	3
A6	Memberi waktu istirahat yang cukup	4	4	4	2

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan metode TOPSIS. Matriks perbandingan alternatif dengan kriteria ditunjukkan pada Tabel 9 kemudian akan dinormalisasikan menggunakan persamaan (1), sehingga didapatkan hasil matriks yang ternormalisasi pada [Tabel 10](#). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$r_{11} = \frac{X_{11}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m X_{1j}^2}} = \frac{4}{\sqrt{(4^2+5^2+5^2+4^2+3^2+4^2)}} = \frac{4}{10,34} = 0,387$$

**Tabel 10** Matriks Ternormalisasi

Kode	C1	C2	C3	C4
A1	0,387	0,329	0,404	0,378
A2	0,483	0,549	0,404	0,378
A3	0,483	0,220	0,404	0,504
A4	0,387	0,549	0,505	0,504
A5	0,290	0,220	0,303	0,378
A6	0,387	0,439	0,404	0,252

Langkah selanjutnya adalah menentukan bobot dari setiap kriteria, bobot ini didapat dari hasil diskusi bersama *General Manager* PT. SPPA, melalui proses *Focus Group Discussion* (FGD) yang dapat dilihat pada [Tabel 11](#).

**Tabel 11** Bobot Setiap Kriteria

No.	Nama Kriteria	Ci	Level Variabel	Bobot
1.	Benefit	C1	Sangat Penting	1
2.	Cost	C2	Cukup Penting	0,5
3.	Opportunity	C3	Penting	0,75
4.	Risk	C4	Sangat Penting	1

Selanjutnya, ditetapkan solusi ideal positif (v+) dan solusi ideal negatif (v-) untuk masing masing kriteria dengan menggunakan Persamaan (4) dan Persamaan (5) sehingga didapatkan seperti Tabel 12 dan Tabel 13.

**Tabel 12** Solusi Ideal

Ci	Solusi Ideal	Max	Min
C1	0,387 ; 0,483 ; 0,483 ; 0,387 ; 0,290 ; 0,387	0,483	0,290
C2	0,165 ; 0,274 ; 0,110 ; 0,274 ; 0,110 ; 0,220	0,274	0,110
C3	0,303 ; 0,303 ; 0,303 ; 0,379 ; 0,227 ; 0,303	0,379	0,227
C4	0,378 ; 0,378 ; 0,504 ; 0,504 ; 0,378 ; 0,252	0,504	0,252

**Tabel 13** Solusi Ideal Positif (V+) dan Matrik Ideal Negatif (V-)

	C1	C2	C3	C4
V+	0,483	0,274	0,379	0,504
V-	0,290	0,110	0,227	0,252

Selanjutnya, menghitung jarak solusi ideal positif (V+) dan solusi ideal negatif (V-) sehingga didapatkan seperti Tabel 14. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Persamaan (6) dan Persamaan (7) sebagai berikut:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_i^+ - Y_{ij})^2}$$

$$= \sqrt{(0,483 - 0,387)^2 + (0,274 - 0,165)^2 + (0,379 - 0,303)^2 + (0,504 - 0,378)^2}$$

$$= 0,207$$

Melakukan perhitungan dengan cara yang sama hingga didapatkan nilai seluruh jarak solusi ideal.

**Tabel 14** Jarak Solusi Ideal Positif (V+) dan Solusi Ideal Negatif (V-)

	Kode	Jarak		Kode	Jarak
v+	A1	0,207	v-	A1	0,184
	A2	0,147		A2	0,293
	A3	0,181		A3	0,327
	A4	0,096		A4	0,351
	A5	0,321		A5	0,126
	A6	0,286		A6	0,165

Langkah terakhir yaitu menghitung nilai dihitung relatif *Risk Priority Index* (RPI) berdasarkan jarak solusi ideal. Alternatif yang memiliki nilai RPI tertinggi menunjukkan bahwa alternatif tersebut merupakan solusi alternatif terbaik yang ditentukan melalui metode TOPSIS. Berikut hasil perhitungan nilai *reference* untuk setiap alternatif pada Tabel 15. Berikut contoh cara perhitungan nilai *reference* untuk setiap alternative berdasarkan Persamaan (8).

$$v_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ - D_i^-} = \frac{0,184}{0,184 - 0,207} = 0,471$$

Cara perhitungan dilakukan seperti perhitungan di atas dan dilakukan hingga seluruh nilai nilai *reference* didapatkan.

**Tabel 15** Hasil Perhitungan Nilai *Reference*

Nilai referensi	Nilai	Rank
A1	0,471	4
A2	0,666	2
A3	0,643	3
A4	0,784	1
A5	0,282	6
A6	0,366	5

Berdasarkan Tabel 15 didapatkan ranking untuk tiap alternatif solusi berdasarkan nilai RPI tertinggi hingga terendah. Peringkat 1 menunjukkan bahwa A4 merupakan prioritas pertama untuk

dilakukan, yaitu melakukan pengecekan rutin untuk kondisi kelayakan alat. Pengecekan rutin kondisi kelayakan alat dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja (Batson, 2021). Melakukan pemeriksaan secara teratur dapat membantu mendeteksi kemungkinan bahaya pada peralatan yang digunakan dalam kegiatan kerja. Dengan melakukan pemeriksaan rutin, pengguna dapat memastikan bahwa peralatan yang digunakan berada dalam kondisi yang baik dan aman untuk digunakan. Apabila terdapat masalah dengan peralatan, pengguna dapat segera mengambil langkah perbaikan atau mengganti peralatan yang rusak, sehingga dapat menghindari terjadinya kecelakaan akibat peralatan yang rusak. Selain itu, pemeriksaan rutin juga dapat memastikan bahwa peralatan digunakan sesuai dengan spesifikasi dan peraturan yang berlaku, sehingga dapat mencegah kesalahan yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Oleh karena itu, melakukan pemeriksaan rutin untuk mengevaluasi kondisi peralatan dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan kerja yang disebabkan oleh peralatan yang rusak atau digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi dan peraturan yang berlaku.

Solusi alternatif prioritas kedua adalah A2 yaitu memberi SOP untuk penggunaan alat baik Alat Pelindung Diri (APD) ataupun alat kerja. SOP adalah seperangkat instruksi tertulis yang mendokumentasikan aktivitas rutin atau berulang yang dilakukan oleh suatu perusahaan. Pengembangan dan penggunaan standar atau prosedur operasi yang aman merupakan bagian integral dari sistem kualitas yang sukses karena memberikan informasi kepada pekerja untuk melakukan pekerjaan dengan benar dan aman sambil memfasilitasi konsistensi dalam kualitas dan integritas produk atau hasil akhir. SOP memberikan arahan yang tepat untuk melakukan pekerjaan, mengoperasikan peralatan, atau mengemudikan kendaraan dengan cara yang aman dan sehat, sehingga mencegah kecelakaan atau insiden. Dengan demikian, SOP merupakan komponen penting dalam upaya pencegahan (Reese, 2017).

Solusi alternatif prioritas ketiga adalah A3 yaitu menyediakan APD yang sesuai dengan tiap-tiap pekerjaan. APD merupakan alat yang wajib digunakan saat bekerja sesuai kebutuhan untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekitarnya. APD sangat penting untuk mencegah kecelakaan karena dapat membantu melindungi penggunanya dari bahaya fisik atau kimia yang dapat menyebabkan cedera atau bahkan kematian (Husni, 2019; Husna et al., 2020). Proses mesin bubut melibatkan pemotongan, pemilihan, dan penyelesaian bahan dengan menggunakan alat pemotong yang tajam. Oleh karena itu, beberapa APD yang direkomendasikan *Occupational Safety and Health Administration* untuk digunakan saat melakukan proses mesin bubut adalah sebagai berikut:

- a. Pelindung wajah dan mata: pelindung wajah atau kaca mata pelindung sangat penting untuk melindungi wajah dan mata dari serpihan logam dan serbuk yang dapat terlempar saat pemotongan.
- b. Sarung tangan pelindung: sarung tangan pelindung yang terbuat dari bahan yang tahan terhadap bahan kimia dan tajam sangat penting untuk melindungi tangan dari kontak langsung dengan benda tajam.
- c. Sepatu pelindung: sepatu pelindung yang tahan terhadap bahan kimia dan tajam sangat penting untuk melindungi kaki dari kontak langsung dengan benda tajam atau bahan yang berbahaya.
- d. Pelindung telinga: penggunaan  *earmuff*  atau  *earplug*  dapat melindungi telinga dari paparan kebisingan suara yang ditimbulkan oleh mesin bubut saat proses pemesinan.

Selain itu dapat pula digunakan masker pelindung yang dapat membantu melindungi pengguna dari paparan debu atau partikel yang dihasilkan dari pemotongan atau penyelesaian bahan. Begitu pula dengan baju pelindung atau  *wear pack*  yang terbuat dari bahan yang tahan terhadap bahan kimia dan api sangat penting untuk melindungi tubuh dari kontak langsung dengan alat pemotong yang tajam atau bahan yang berbahaya. Pastikan untuk memilih APD yang sesuai dan memastikan bahwa semua APD digunakan dengan benar dan secara konsisten oleh semua pekerja yang terlibat dalam proses mesin bubut.

Selanjutnya, solusi prioritas keempat adalah memberi pelatihan pada tiap karyawan, solusi prioritas kelima adalah memberi waktu istirahat cukup dan solusi prioritas terakhir adalah menyediakan alat kerja yang memiliki kualitas tinggi.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisis risiko menggunakan metode FMEA terdapat 17 risiko untuk pekerjaan proses produksi *rebuilding idler* menggunakan mesin bubut. Risiko yang menjadi prioritas untuk diperbaiki berdasarkan analisis pareto yaitu terkena nyeri atau kram otot saat *set up* mesin bubut, terpapar kebisingan saat proses bubut, dan terpapar *chip* dari proses bubut. Berdasarkan hasil pencarian akar masalah melalui 5 *Whys* didapatkan akar masalah dari 3 risiko tersebut yaitu peralatan kerja masih kurang berkualitas tinggi, masih diperlukannya pelatihan, kurangnya sosialisasi ataupun *briefing* tambahan tentang K3, dan masalah penyediaan APD yang memadai memerlukan biaya yang cukup tinggi. Hasil analisis prioritas perbaikan dengan menggunakan metode TOPSIS didapatkan *ranking* untuk tiap alternatif solusi dimana A4 memiliki nilai RPI tertinggi sehingga berada pada peringkat 1 yang menunjukkan bahwa solusi prioritas pertama yaitu melakukan pengecekan rutin untuk kondisi kelayakan alat. Solusi prioritas kedua yaitu memberi SOP untuk penggunaan alat baik APD ataupun alat kerja, kemudian solusi prioritas ketiga yaitu menyediakan APD yang sesuai dengan tiap-tiap pekerjaan, solusi prioritas keempat adalah memberi pelatihan pada tiap karyawan, solusi prioritas kelima adalah memberi waktu istirahat cukup dan solusi prioritas terakhir adalah menyediakan alat kerja yang memiliki kualitas tinggi.

Penelitian selanjutnya dapat membahas strategi mitigasi risiko K3 untuk kegiatan pemesinan lain yang terdapat di PT. SPPA seperti mesin las SAW, mesin las SMAW, *gas cutting machine*, dan beberapa perkakas pemesinan lainnya sehingga dapat membantu perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dengan cara mencegah terjadinya kecelakaan yang tidak diinginkan.

#### Daftar Pustaka

- Aprianto, T., Setiawan, I., & Purba, H. H. (2021). Implementasi metode Failure Mode and Effect Analysis pada Industri di Asia – Kajian Literatur. *Jurnal Manajemen & Teknik Industri – Produksi*, 21(2), 165–174. <https://doi.org/10.350587/Matrik.v21i2.2084>
- Batson, R. G. (2021). The Role of Maintenance in Reducing the Risk of Technological Disasters. *Journal of Civil Engineering Research & Technology*, 3(2), 1–7. [https://doi.org/10.47363/JCERT/2021\(3\)118](https://doi.org/10.47363/JCERT/2021(3)118)
- Fan, C. K., & Cheng, S. W. (2009). Using Analytic Hierarchy Process Method and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution to Evaluate Curriculum in Department of Risk Management and Insurance. *Journal of Social Sciences*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/09718923.2009.11892684>
- Hendri, H. (2020). Usulan keamanan mesin winding horizontal dengan metode Risk Reduction Management: Studi kasus di PT. XYZ. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 12(1), 55. <https://doi.org/10.22441/oe.2020.v12.i1.005>
- Husna, I. E., Azise, A., & Sarifuddin. (2020). The Use of Personal Protective Equipment for Reducing Accidental Risk on Board. Proceedings of the 2nd International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2019). 2nd International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries (ISTSDC 2019), Kendari, Southeast Sulawesi, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200220.031>
- Husni, L. (2019). Pengantar Hukum Ketenagakerjaan Edisi Revisi—Lalu Husni. PT. Raja Grafindo
- Immawan, T., Sutrisno, W., & Rachman, A. K. (2018). Operational risk analysis with Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) approach-Case study: Optimus Creative Bandung. *MATEC Web of Conferences*, 01084. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401084>
- Immawan, T., Sutrisno, W., & Rachman, A. K. (2018). Operational risk analysis with Fuzzy FMEA ( Failure Mode and Effect Analysis ) approach ( Case study: Optimus Creative Bandung ). *MATEC Web of Conferences*, 01084. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401084>
- Kurniasih, D.L. (2013). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Laptop dengan Metode TOPSIS. Pelita Informatika Budi Darma, III.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). Fuzzy multi-attribute decision making (fuzzy madm). Yogyakarta: Graha Ilmu, 74.

- Mathews, S. C., Stoll, R. A., Sternberger, W. I., Cox, P. W., Tober, T. L., Di Mattina, J., Dwyer, C., Barasch, N., Carolan, H., Romig, M., Pronovost, P. J., Barnes, J. F., Ravitz, A. D., & Sapirstein, A. (2020). Prioritizing Health Care Solutions for Pressure Ulcers Using the Quality Function Deployment Process. *American Journal of Medical Quality*, 35(3), 197–204. <https://doi.org/10.1177/1062860619869990>
- Matthews, J. C., Piratla, K., & Koo, D. D. (2016). Sustainability evaluation of pipe asset management strategies. *Procedia Engineering*, 145, 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.025>
- Mutlu, N. G., & Altuntas, S. (2019). Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72(May), 222–240. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.013>
- Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). Introduction to Lathe (Safety, Parts & Operation). Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/sites/default/files/2021-04/Lathe%20-%20Trainer%20Script.pdf>
- Pourmadadkar, M., Beheshtinia, M. A., & Ghods, K. (2017). An integrated approach for healthcare services risk assessment and quality enhancement. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 37(9–10), 1183–1208. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2018-0314>
- Ramli, Soehatman. (2010). *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Perspektif K3*. Dian Rakyat.
- Reese, C. D. (2017). *Occupational safety and health: Fundamental principles and philosophies*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Ramadhan, R. F., & Evi Widowati, M. (2019). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Application for Safety Risk Assessment Design of “X” Bakery. *Unnes Journal of Public Health*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/ujph.v8i1.22534>
- Safurudin, M., & Hasibuan, S. (2020). Strategi mitigasi risiko proyek konstruksi utilitas piping dan sipil: Studi kasus PDAM Jakarta. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 12(1), 74–87. <https://doi.org/10.22441/oe.2020.v12.i1.007>
- Serrat, O. (2017). *The Five Whys Technique*. Knowledge Solutions. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9\\_32](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_32)
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. Quality Press.
- Wang, Y.-M., Chin, K.-S., Poon, G. K. K., & Yang, J.-B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1195–1207. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.11.028>
- Widanto, A. D. H., & Prastawa, H. (2018). Analisis Rantai Nilai (Value Chain Analysis) pada Lantai Produksi I dan II PT Pura Boxindo, Kudus. *Industrial Engineering Online Journal*, 6