

Analisis Kecelakaan Kerja Pada Proses *Dies Stamping* Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, dan Risk Control (HIRARC)* Dengan Analisis *Fuzzy*

Galih Aulia Akbar¹, Mohammad Fadli Perdana², Rizki Amalia Pratiwi³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang

Jl. Ronggo Waluyo Simabaya, Puseurjaya, Teluk Jambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

Email: ti21.galihakbar@mhs.ubpkarawang.ac.id, mohammad.fadli@ubpkarawang.ac.id, rizki.amalia@ubpkarawang.ac.id

ABSTRAK

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) penting untuk mencegah kecelakaan kerja pada industri manufaktur. Penelitian ini dilakukan di PT SGS pada proses *dies stamping* yang memiliki risiko tinggi. Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC)* digunakan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menentukan pengendalian, yang dikombinasikan dengan pendekatan *fuzzy logic* untuk mengurangi subjektivitas penilaian. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 5 risiko utama, 11 faktor, dan 9 dampak kecelakaan kerja yang berhasil diidentifikasi. Dari kelima risiko tersebut, 1 risiko tergolong *high*, 4 risiko tergolong *medium*. Tindakan pengendalian mencakup rekayasa dengan pengendalian seperti *shutter part* dan meja *transit part*, *lifter plate* dan edukasi kepada pekerja terkait pentingnya kepatuhan terhadap standar SOP, Tindakan mencakup eliminasi melalui pembersihan area kerja secara rutin. Hasil penelitian juga bermanfaat dalam pengembangan akademik sebagai metode analisis yang sistematis dan kuantitatif. Di dunia kerja, metode ini membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat untuk mencegah kecelakaan kerja.

Kata kunci: *Dies Stamping*, *Fuzzy Logic*, HIRARC, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Penilaian Risiko.

ABSTRACT

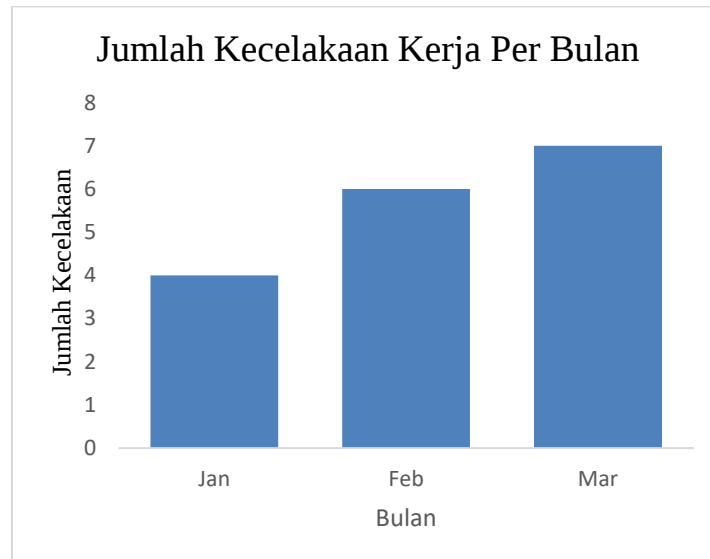
Occupational Safety and Health (OSH) is important for preventing workplace accidents in the manufacturing industry. This study was conducted at PT SGS on the dies stamping process, which has high risks. The Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) method was used to identify hazards, assess risk levels, and determine control measures, combined with a fuzzy logic approach to reduce the subjectivity of assessments. The study results identified 5 main risks, 11 factors, and 9 workplace accident impacts. Of the five risks, one is classified as high, and four are classified as medium. Control measures include engineering controls such as shutter parts and transit tables, lifter plates, and education for workers on the importance of compliance with SOP standards. Measures also include elimination through regular cleaning of the work area. The research findings also benefit academic development as a systematic and quantitative analysis method. In the workplace, this method helps companies make more informed decisions to prevent workplace accidents.

Keywords: *Dies Stamping*, *Fuzzy Logic*, HIRARC, Occupational Health and Safety, Risk Assessment.

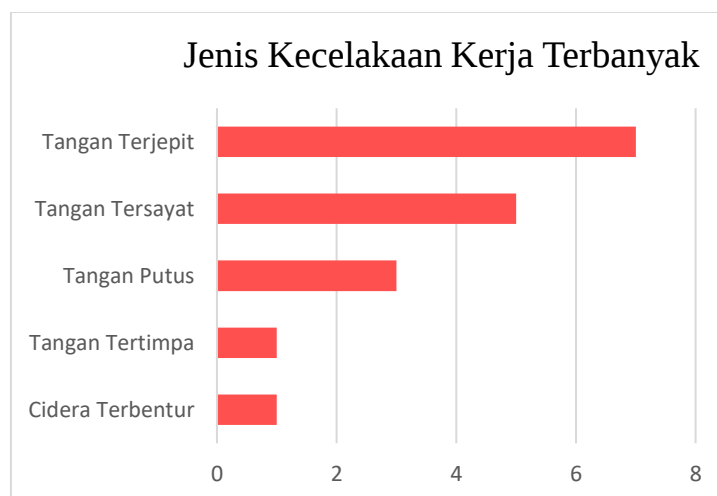
Pendahuluan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek fundamental dalam industri, yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan produktif. K3 tidak hanya melindungi pekerja dari risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja, tetapi juga membantu perusahaan dalam menekan kerugian akibat kehilangan jam kerja, biaya perawatan, serta potensi gangguan proses produksi [1]. Salah satu upaya penerapan K3 yang sistematis adalah melalui Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) yang bertujuan untuk mencegah kecelakaan kerja, mengelola risiko secara menyeluruh, serta menjamin kepatuhan terhadap peraturan perundang-undangan [2]. Dalam proses produksi manufaktur, khususnya pada kegiatan *dies stamping*, potensi kecelakaan kerja tergolong tinggi akibat interaksi langsung antara pekerja, material, dan mesin presisi yang beroperasi dalam kecepatan tinggi [3]. Kecelakaan di lingkungan kerja merupakan peristiwa yang terjadi secara mendadak dan di luar dugaan, yang dapat mengakibatkan cedera hingga kematian [4]. Kejadian semacam ini bisa terjadi kapan saja, di mana saja, dan dalam berbagai situasi atau kondisi. Kecelakaan kerja dapat terjadi secara tiba-tiba dan umumnya disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu tindakan tidak aman (*unsafe action*) dan kondisi tidak aman di tempat kerja (*unsafe condition*) [5].

Di PT. SGS, sebuah perusahaan manufaktur komponen otomotif dan elektrik, proses *dies stamping* menjadi salah satu titik kritis dalam aspek keselamatan kerja. Data kecelakaan kerja yang dihimpun dari Departemen Produksi menunjukkan adanya peningkatan jumlah kasus selama periode Januari hingga Maret 2025: sebanyak 4 kasus pada Januari, meningkat menjadi 6 kasus pada Februari, dan mencapai 7 kasus pada Maret. Jenis kecelakaan yang paling sering terjadi antara lain tangan terjepit (7 kasus), tangan tersayat (5 kasus), dan tangan putus (3 kasus), jenis kecelakaan lain seperti tangan tertimpa, dan cidera terbentur masing-masing terjadi 1 kali.



Gambar 1. Jumlah Kecelakaan Kerja Perbulan



Gambar 2. Jenis Kecelakaan Kerja Terbanyak

Meskipun perusahaan telah menyediakan Standar Operasional Prosedur (SOP) dan Alat Pelindung Diri (APD), temuan di lapangan menunjukkan bahwa masih banyak pekerja yang mengabaikan SOP demi efisiensi waktu kerja atau menggunakan APD secara tidak tepat. Hal ini menunjukkan adanya celah implementasi antara prosedur tertulis dan pelaksanaan aktual di lapangan. Penilaian risiko kerja selama ini menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC), yang terbukti efektif dalam mengidentifikasi bahaya dan menetapkan tingkat risiko [6]. Namun, metode ini kerap menghadapi tantangan berupa subjektivitas penilaian, karena sangat bergantung pada persepsi individu terhadap kemungkinan dan dampak suatu bahaya [7].

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa metode HIRARC mampu memetakan risiko kerja di berbagai sektor industri [8], [9]. Namun, sebagian besar masih mengandalkan pendekatan konvensional tanpa memperhitungkan ketidakpastian data atau ambiguitas dalam penilaian pakar. Oleh karena itu, integrasi *fuzzy logic* menjadi alternatif yang relevan, karena dapat mengubah data linguistik seperti tinggi, sedang, atau jarang, menjadi nilai kuantitatif yang dapat diukur melalui proses *fuzzifikasi* dan *defuzzifikasi* [10], [11]. *Fuzzy logic* juga dapat meningkatkan objektivitas penilaian risiko dan membantu pengambilan keputusan yang lebih akurat dalam

pengendalian bahaya kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kecelakaan kerja pada proses *dies stamping* di PT. SGS, melakukan penilaian tingkat risiko menggunakan metode HIRARC, serta mengintegrasikan *fuzzy logic* untuk mengurangi subjektivitas penilaian dan menghasilkan analisis risiko yang lebih objektif.

Meskipun metode HIRARC banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, penerapannya masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang cenderung subjektif. Integrasi HIRARC dengan *fuzzy logic* relatif jarang diterapkan, khususnya pada proses *dies stamping* di industri manufaktur, yang notabene memiliki tingkat risiko tinggi akibat interaksi langsung antara operator, material, dan mesin berkecepatan tinggi. Penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada sektor konstruksi, manufaktur umum, maupun UMKM, sehingga masih terdapat research gap dalam konteks penerapan integrasi HIRARC dan *fuzzy logic* pada proses *dies stamping* [11].

Novelty penelitian ini terletak pada penerapan *fuzzy logic* untuk mengurangi subjektivitas dalam penilaian risiko yang selama ini bergantung pada persepsi individu. Dengan mengubah data linguistik ke dalam bentuk kuantitatif melalui proses *fuzzifikasi* dan *defuzzifikasi*, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan analisis risiko yang lebih objektif dan akurat.

Metode Penelitian

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur tingkat risiko kecelakaan kerja melalui data numerik (*likelihood* dan *severity*), sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami faktor penyebab kecelakaan kerja berdasarkan observasi dan wawancara.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada proses *dies stamping* di gedung E PT. SGS, sebuah perusahaan manufaktur otomotif dan electrical metal part yang berlokasi di Karawang. Waktu pelaksanaan penelitian adalah selama periode Januari hingga Maret 2025.

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh aktivitas kerja di line stamping. Sampel diambil secara purposive, yaitu lima orang pakar yang terdiri dari *Engineering Dies Maintenance*, Staff HRD/HSE, *Quality Control*, *Leader Produksi*, dan Sub *Leader Produksi*. Kelima responden ini dipilih karena memiliki pengalaman kerja lebih dari 15 tahun dan pemahaman mendalam terhadap proses dan potensi bahaya di lapangan.

Penilaian Resiko dalam Analisis Studi Kasus

Penilaian risiko merupakan suatu proses sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan bahaya yang mungkin timbul [12]. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memastikan bahwa pengendalian terhadap risiko dalam setiap proses, operasi, atau kegiatan dilakukan pada tingkat yang masih dapat diterima [13]. Penilaian risiko dilakukan dengan mempertimbangkan dua aspek utama, yaitu kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampaknya (*severity*) [14], [15].

Table 1. Kriteria *Likelihood*

No	Kriteria	Penjelasan	Tingkat
1	<i>Rare</i>	Hampir tidak terjadi	1
2	<i>Unlikely</i>	Jarang terjadi	2
3	<i>Possible</i>	Dapat terjadi sekali-kali	3
4	<i>Likely</i>	Sering terjadi	4
5	<i>Almost Certain</i>	Dapat terjadi setiap saat	5

Table 2. Kriteria *Severity*

Tingkat	Kriteria	Penjelasan
1	<i>Insignification</i>	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau luka ringan tanpa memerlukan perawatan medis.
2	<i>Minor</i>	Terjadi kecil, luka ringan, kerugian kecil dan tidak menimbulkan dampak serius
3	<i>Moderate</i>	Cedera sedang, perlu penanganan medis, penanganan ditempat dengan bantuan pihak luar, kerugian finansial tidak terlalu besar.

4	Major	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap serta kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak yang serius
5	Catastrophic	Fatal >1 orang, kerugian besar dan dampak sangat luas, terhenti seluruh kegiatan

Skala linguistik likelihood dan severity yang digunakan pada penelitian ini dipilih berdasarkan standar umum HIRARC dan disesuaikan dengan karakteristik proses dies stamping di PT. SGS. Skala likelihood dari *rare* hingga *almost certain* mencerminkan variasi frekuensi kecelakaan kerja yang terjadi di lapangan, sedangkan severity dari *insignificant* hingga *catastrophic* menggambarkan dampak mulai dari cedera ringan hingga potensi cacat permanen atau kematian. Pemilihan skala ini relevan dengan studi kasus karena mampu merepresentasikan kondisi nyata di area produksi, sehingga hasil penilaian risiko lebih objektif dan mendukung strategi pengendalian K3 yang tepat.

Table 3. Risk Matrics

Skala		Severity				
		1	2	3	4	5
Likelihood	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5

Pengendalian Risiko (Risk Control)

Menurut [16] pengendalian risiko (*Risk Control*) merupakan cara untuk mengatasi potensi bahaya yang terdapat dalam lingkungan kerja. Berikut beberapa tipe pengendalian risiko atau hierarki berdasarkan [17],[18].

1. Eliminasi (*Elimination*) Eliminasi adalah upaya untuk sepenuhnya menghilangkan sumber bahaya.
2. Substitusi (*Substitution*) Substitusi dilakukan dengan mengganti bahan atau peralatan yang berbahaya dengan alternatif yang lebih aman.
3. Rekayasa (*Engineering*) Rekayasa adalah usaha untuk menurunkan risiko dengan mengubah desain tempat kerja, mesin, peralatan, atau proses kerja agar lebih aman.
4. Administrasi (*Administrative Controls*) Pengendalian administrasi bertujuan untuk mengurangi risiko melalui tindakan administratif.
5. Alat Pelindung Diri (APD) APD bertujuan untuk melindungi pekerja dan mengurangi dampak bahaya yang tidak dapat dihilangkan dengan metode pengendalian lainnya.

Untuk mengurangi subjektivitas, data penilaian dikonversi ke dalam bentuk variabel linguistik dan nilai *fuzzy*. Skala linguistik yang digunakan mencakup: jarang, kadang, sering, sangat sering (untuk *likelihood*) dan ringan, sedang, berat, sangat berat (untuk *severity*), dengan fungsi keanggotaan segitiga [19].

Tahapan Analisis Fuzzy Logic

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai linguistik menjadi nilai *fuzzy* dalam bentuk bilangan *fuzzy* (*fuzzy number*). Rumus fungsi keanggotaan (*Membership Function*) umumnya digunakan fungsi segitiga (*triangular fuzzy number*), dinyatakan dengan rumus berdasarkan [11].

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a), & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b), & b \geq x \geq c \end{cases}$$

Dengan:

a = batas bawah

b = batas tengah (*most likely*)

c = batas bawah

Di mana $a, b, \text{ dan } c$ Adalah titik – titik pada fungsi segitiga fuzzy (misalnya: (0.3, 0.5, 0.7)).

2. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai tegas (*crisp value*), agar dapat digunakan dalam penilaian kuantitatif tingkat risiko. Metode yang di gunakan menggunakan rumus *centre of area* berdasarkan [20].

$$X_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_A(X_0) \cdot X_0}{\sum_{j=1}^N \mu_A(X_0)}$$

X_0 : variabel *crisp* (nilai nyata) yang ingin diperoleh dari hasil *defuzzifikasi*.

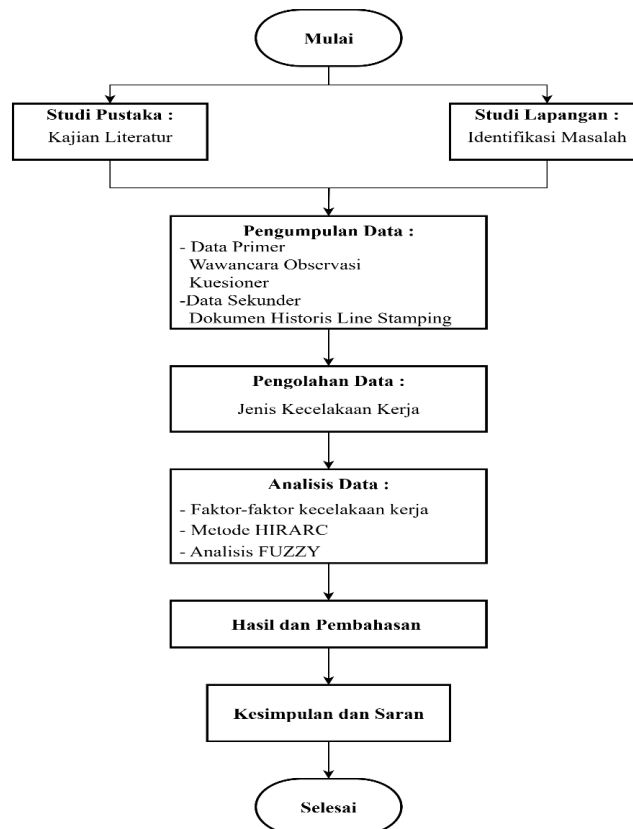
$\mu_A(X_0)$: derajat keanggotaan (*membership function*) dari X_0 pada himpunan *fuzzy* A.

N : banyaknya himpunan data atau titik yang digunakan.

$$Crisp Value = \frac{a + b + c}{(3)}$$

Di mana: a, b , dan c adalah batas bawah, nilai tengah, dan batas atas dari *fuzzy number*.

Proses Penelitian



Gambar 3. Alur Proses Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Proses identifikasi bahaya dilakukan secara terstruktur guna mengenali kemungkinan adanya bahaya dalam setiap aktivitas kerja [21]. Pengenalan terhadap potensi bahaya ini berperan penting dalam meningkatkan kewaspadaan serta upaya pencegahan terhadap kecelakaan kerja. Walaupun tingkat risiko bervariasi pada setiap jenis pekerjaan, tidak ada satu pun pekerjaan yang benar-benar bebas dari ancaman bahaya [22].

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di area *line stamping* gedung E, ditemukan beberapa potensi bahaya yang terjadi selama proses kerja. Terdapat lima aktivitas kerja utama yang teridentifikasi memiliki potensi risiko kecelakaan. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini.

Table 4. Hasil Identifikasi Bahaya

No	Aktivitas	Faktor	Risiko	Dampak
1	Setting Dandori Dies, Handling Part ke pallet	Makura tempat penyimpanan licin,	Tangan Terjepit	Tidak masuk kerja, Biaya medis

		operator kurang hati-hati saat setting <i>dies</i>			
2	Pengambilan <i>Part</i> dibawah <i>Base plate</i> , Pemindahan proses <i>blanking Handling Part</i> ke pallet,	Tidak mengikuti SOP, kurang pengawasan dan kehati-hatian	Tangan Putus	Tidak masuk kerja, Cacat permanen	
3	Memindahkan Pallet Manual, Pengambilan <i>raw material coil</i> ke <i>feder</i>	Tidak ada alat bantu, menggunakan APD tidak benar, selang tooling bocor	Tangan tersayat	Biaya medis	
4	Mengangkat <i>dies upper</i> manual	Tidak mengikuti SOP, lantai tempat kerja kotor (banyak <i>scrap</i>)	Tangan Tertimpa	Tidak masuk kerja, Biaya medis	
5	Memindahkan <i>Part</i> ke rak di <i>quality gate</i>	Tidak mengikuti SOP, Tidak ada alat bantu	Cidera terbentur	Tidak masuk kerja, Kompensasi, Biaya medis	

Penilaian risiko (*Risk Assessment*)

Penilaian risiko merupakan proses untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menilai tingkat kemungkinan (*Likelihood*) serta dampak (*Severity*) dari kecelakaan kerja. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa risiko berada pada tingkat yang dapat diterima dan dikendalikan secara efektif [23]. Berikut di bawah ini merupakan penilaian risiko dari hasil identifikasi bahaya:

Table 5. Hasil Penilaian Risiko

No	Aktivitas	Faktor	Risiko	Dampak	L	S	Risk Level
1	Setting Dandori <i>Dies</i> , <i>Handling Part</i> ke pallet	Makura tempat penyimpanan licin, operator kurang hati-hati saat setting <i>dies</i>	Tangan Terjepit	Tidak masuk kerja, Biaya medis	3	3	9
2	Pengambilan <i>Part</i> dibawah <i>Base plate</i> , Pemindahan proses <i>blanking Handling Part</i> ke pallet,	Tidak mengikuti SOP, kurang pengawasan dan kehati-hatian	Tangan Putus	Tidak masuk kerja, Cacat permanen	3	5	15
3	Memindahkan Pallet Manual, Pengambilan <i>raw material coil</i> ke <i>feder</i>	Tidak ada alat bantu, menggunakan APD tidak benar, selang tooling bocor	Tangan tersayat	Biaya medis	3	2	6
4	Mengangkat <i>dies upper</i> manual	Tidak mengikuti SOP, lantai tempat kerja kotor (banyak <i>scrap</i>)	Tangan Tertimpa	Tidak masuk kerja, Biaya medis	3	3	9
5	Memindahkan <i>Part</i> ke rak di <i>quality gate</i>	Tidak mengikuti SOP, Tidak ada alat bantu	Cidera terbentur	Tidak masuk kerja, Kompensasi, Biaya medis	3	3	9

Berdasarkan hasil penilaian risiko pada Tabel 5, R1 (tangan terjepit) terjadi akibat makura licin dan kelalaian operator, dengan *likelihood* 3 (*possible*) dan *severity* 3 (*moderate*) karena cedera sedang yang membutuhkan perawatan medis. R2 (tangan putus) dipicu ketidakpatuhan SOP dan kurangnya pengawasan, dengan *likelihood* 3 (*possible*) serta *severity* 5 (*catastrophic*) karena berpotensi menyebabkan cacat permanen. R3 (tangan tersayat) disebabkan ketiadaan alat bantu, penggunaan APD yang salah, dan selang bocor, risikonya *likelihood* 3 (*possible*) dan *severity* 2 (*minor*) karena umumnya hanya luka ringan. R4 (tangan tertimpa) dipengaruhi kelalaian saat mengangkat *dies* dan kondisi lantai kotor, dengan *likelihood* 3 (*possible*) dan *severity* 3 (*moderate*) karena cedera sedang. Sedangkan R5 (cedera terbentur) muncul akibat tidak adanya alat bantu dan pelanggaran SOP, dengan *likelihood* 3 (*possible*) dan *severity* 3 (*moderate*) karena menimbulkan cedera ringan hingga sedang.

Table 6. Data Diri Responden

No	Nama	Umur	Jabatan / Posisi	Lama Bekerja
1	Tri Matsuudi	43	<i>Engineering Dies Maintenance</i>	20 Tahun
2	Imam Murzani	46	Staff HRD / HSE	16 Tahun
3	Sadian	39	<i>Quality Control</i>	20 Tahun
4	Purwanto	44	<i>Leader Produksi</i>	21 Tahun
5	Edi Rochaedi	41	<i>Sub Leader Produksi</i>	20 Tahun

Kuesioner ini memuat daftar faktor penyebab serta konsekuensi dari lima variabel risiko yang telah dianalisis sebelumnya. Tingkat risiko dari masing-masing variabel tersebut akan dievaluasi menggunakan pendekatan linguistik fuzzy berikut ini:

Table 7. Variabel Linguistik dan Angka Fuzzy Untuk Faktor Risiko

Variabel Penilaian Linguistik	Kode	Angka Fuzzy	Fungsi karakteristik angka fuzzy
Sangat Sering	SS	0.9	(0.7, 0.9, 1.0)
Sering	S	0.7	(0.5, 0.7, 0.9)
Kadang	K	0.5	(0.3, 0.5, 0.7)
Jarang	J	0.3	(0.1, 0.3, 0.5)
Tidak Pernah	TP	0.1	(0.0, 0.1, 0.3)

Table 8. Variabel Linguistik dan Angka Fuzzy Untuk Dampak Risiko

Variabel Penilaian Linguistik	Kode	Angka Fuzzy	Fungsi karakteristik angka fuzzy
Sangat Berat	SB	9	(7,9,10)
Berat	B	7	(5,7,9)
Sedang	SD	5	(3,5,7)
Ringan	R	3	(1,3,5)
Tidak Berdampak	TB	1	(0,1,3)

Berikut ini adalah hasil kuesioner yang telah diberikan kepada lima orang ahli (*expert*) untuk menilai faktor risiko berdasarkan probabilitas dan dampaknya pada masing-masing variabel risiko yang telah diidentifikasi.

Table 9. Hasil Kuesioner Variabel Faktor Risiko dan Hasil Agregat

Risiko	Faktor	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Agregat
R1	F11	K	K	k	J	S	(0.3, 0.5, 0.7)
	F12	K	S	S	J	K	(0.3, 0.5, 0.7)
R2	F21	J	J	K	J	J	(0.2, 0.4, 0.6)
	F22	J	K	K	J	J	(0.2, 0.4, 0.6)
	F31	S	S	S	J	S	(0.3, 0.5, 0.7)
R3	F32	S	S	S	K	S	(0.4, 0.6, 0.8)
	F33	K	K	S	J	J	(0.3, 0.5, 0.7)
R4	F41	J	J	S	J	J	(0.3, 0.5, 0.7)
	F42	K	S	S	J	S	(0.3, 0.5, 0.7)
R5	F51	K	K	S	J	J	(0.3, 0.5, 0.7)
	F52	SS	K	S	J	K	(0.4, 0.6, 0.78)

Perhitungan Faktor Risiko

Setelah variabel linguistik dari setiap faktor diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah pemberian bobot untuk menentukan nilai probabilitas. Proses ini dilakukan melalui tahapan perhitungan berdasarkan rumus dari [24], [20] sebagai berikut:

Himpunan fuzzy:

$$F_{11} = (0.3, 0.5, 0.7), (0.3, 0.5, 0.7), (0.3, 0.5, 0.7), (0.1, 0.3, 0.5), (0.5, 0.7, 0.9)$$

Standar Deviasi Minimum:

$$\tilde{P}_i = ((a_i - c_{1i}), a_i, (a_i + c_{2i})) \rightarrow (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2), (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2), (0.5, -0.2, 0.5, 0.5 + 0.2), (0.3, -0.2, 0.3, 0.3 + 0.2), (0.7, -0.2, 0.7, 0.7 + 0.2)$$

$$d_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{1i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

$$d_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{2i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

Standar Deviasi Mutlak:

$$b = \frac{\min_{1 \leq i \leq n} a_i + \max_{1 \leq i \leq n} a_i}{2} = \frac{0.3 + 0.7}{2} = 0.5$$

Nilai Rata – Rata atau Agregat Fuzzy (Nilai Probabilitas):

$$\tilde{P}_A^{(1)} = ((b - d_1), b, (b + d_2)) = (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2) = (0.3, 0.5, 0.7)$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai agregat fuzzy atau probabilitas dari masing-masing variabel faktor risiko, yaitu tangan terjepit (R4), tangan putus (R2), tangan tersayat (R3), tangan tertimpa (R4), dan cedera akibat benturan (R5), dengan rincian sebagai berikut:

Berikut ini adalah hasil kuesioner yang telah diberikan kepada lima orang ahli (*expert*) untuk menilai tingkat probabilitas dan dampak dari setiap risiko yang telah diidentifikasi. Tabel 11 memuat kategori linguistik yang diberikan oleh masing-masing ahli terhadap setiap variabel risiko, baik untuk probabilitas maupun dampaknya, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses *fuzzifikasi* dan analisis risiko secara kuantitatif.

Table 10. Hasil Kuesioner Variabel Dampak Risiko dan Hasil Agregat

Risiko	Dampak	Impact/probability	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Agregat
R1	D11	probability	K	K	K	J	K	(0.2, 0.4, 0.6)
		Impact	SD	R	SD	R	B	(3, 5, 7)
	D12	probability	K	K	S	J	S	(0.3, 0.5, 0.7)
		Impact	SD	SD	SD	R	B	(3, 5, 7)
R2	D21	probability	J	J	K	J	J	(0.2, 0.4, 0.6)
		Impact	B	B	B	SB	SB	(6, 8, 12)
	D22	probability	J	J	K	J	K	(0.2, 0.4, 0.6)
		Impact	SB	SB	B	SB	SB	(6, 8, 9.2)
R3	D31	probability	S	S	S	J	S	(0.3, 0.5, 0.7)
		Impact	R	R	R	R	R	(1, 3, 5)
R4	D41	probability	J	J	K	J	S	(0.3, 0.5, 0.7)
		Impact	SD	SD	R	R	SD	(2, 4, 6)
	D42	probability	K	J	S	J	S	(0.3, 0.5, 0.7)
		Impact	SD	SD	R	R	SD	(2, 4, 6)
R5	D51	probability	J	J	J	J	J	(0.1, 0.3, 0.5)
		Impact	R	R	R	R	R	(1, 3, 5)
	D52	probability	J	K	K	J	K	(0.2, 0.4, 0.6)
		Impact	SD	SD	R	R	R	(2, 4, 6)
	D53	probability	K	J	J	J	TP	(0.14, 0.3, 0.5)
		Impact	SD	SD	R	R	R	(2, 4, 6)

Perhitungan Dampak Risiko

1. Probability

Himpunan fuzzy:

$$D_{11} = (0.3, 0.5, 0.7), (0.3, 0.5, 0.7), (0.3, 0.5, 0.7), (0.1, 0.3, 0.5), (0.3, 0.5, 0.7)$$

Standar Deviasi Minimum:

$$\tilde{P}_i = ((a_i - c_{1i}), a_i, (a_i + c_{2i})) \rightarrow (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2), (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2), (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2), (0.3 - 0.2, 0.3, 0.3 + 0.2), (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2)$$

$$D_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{1i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

$$D_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{2i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

Standar Deviasi Mutlak:

$$b = \frac{\min_{1 \leq i \leq n} a_i + \max_{1 \leq i \leq n} a_i}{2} = \frac{0.3 + 0.5}{2} = 0.4$$

Nilai Rata – Rata atau Agregat Fuzzy (Nilai Probabilitas):

$$\tilde{P}_A^{(1)} = ((b - d_1), b, (b + d_2)) = (0.4 - 0.2, 0.4, 0.4 + 0.2) = (0.2, 0.4, 0.6)$$

2. Impact

Himpunan fuzzy:

$$D_{11} = (3, 5, 7), (1, 3, 5), (3, 5, 7), (1, 3, 5), (5, 7, 9)$$

Standar Deviasi Minimum:

$$\tilde{P}_i = ((a_i - c_{1i}), a_i, (a_i + c_{2i})) \rightarrow (5 - 2, 5, 5 + 2), (3 - 2, 3, 3 + 2), (5 - 2, 5, 5 + 2), (3 - 2, 3, 3 + 2), (7 - 2, 7, 7 + 2)$$

$$D_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{1i} = \frac{2 + 2 + 2 + 2 + 2}{5} = 2$$

$$D_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{2i} = \frac{2 + 2 + 2 + 2 + 2}{5} = 2$$

Standar Deviasi Mutlak:

$$b = \frac{\min_{1 \leq i \leq n} a_i + \max_{1 \leq i \leq n} a_i}{2} = \frac{3 + 7}{2} = 5$$

Nilai Rata – Rata atau Agregat Fuzzy (Nilai Probabilitas):

$$\tilde{P}_A^{(1)} = ((b - d_1), b, (b + d_2)) = (5 - 2, 5, 5 + 2) = (3, 5, 7)$$

Setelah nilai agregat diperoleh, tahap selanjutnya adalah *defuzzifikasi* untuk mengubah data fuzzy menjadi nilai crisp, nilai defuzzifikasi ini menunjukkan tingkat risiko berdasarkan kombinasi probabilitas dan dampak setiap risiko yang telah diidentifikasi [25]. *Defuzzifikasi* dilakukan menggunakan rumus *centre of area* berdasarkan [20].

$$X_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_A(X_0) \cdot X_0}{\sum_{j=1}^N \mu_A(X_0)}$$

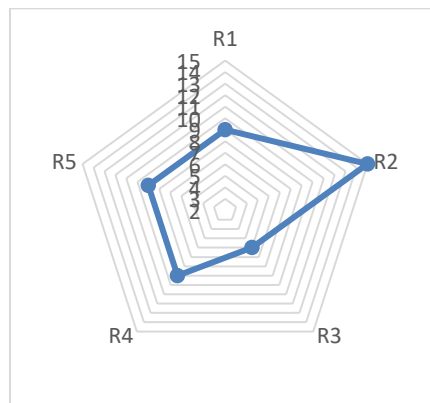
$$= \frac{0.2 + 0.4 + 0.6}{(1 + 1 + 1)} = 0.4$$

Table 11. Nilai *Defuzzifikasi*

Risiko	Likelihood	Skor	severity	Skor
R1	P	0.5	Moderate	5
R2	P	0.4	C	8.67
R3	P	0.5	Minor	3
R4	P	0.5	Moderate	4
R5	P	0.4	Moderate	4

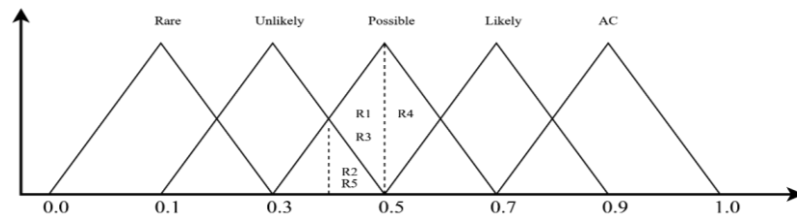
Setelah nilai defuzzifikasi diperoleh, tahap selanjutnya adalah menentukan posisi setiap nilai pada tingkat (*level*), setelah *level likelihood* dan *severity* diperoleh maka nilai *likelihood x severity*. Penentuan ini dilakukan dengan memetakan nilai *defuzzifikasi* ke dalam fungsi keanggotaan fuzzy berbentuk segitiga sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. berikut:

Hasil analisis fuzzy logic menunjukkan kecenderungan yang sama dengan penilaian risiko manual menggunakan HIRARC. Risiko R2 (tangan putus) tetap berada pada kategori high risk, sedangkan R1, R3, R4, dan R5 berada pada kategori medium risk. Hal ini menegaskan bahwa integrasi fuzzy logic tidak mengubah urutan prioritas risiko, tetapi memperkuat objektivitas penilaian dengan mengurangi subjektivitas dalam pemberian skor likelihood dan severity.



Gambar 4. Spider Chart Perbandingan Nilai Risiko

Ini adalah *spider chart* perbandingan nilai risiko (R1–R5) berdasarkan hasil HIRARC (R1=9, R2=15, R3=6, R4=9, R5=9). Grafik ini menunjukkan bahwa R2 memiliki tingkat risiko paling tinggi (kategori *high*), sementara R1, R3, R4, dan R5 berada pada kategori *medium*.



Gambar 5. Kurva Variabel *Likelihood* Pada Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Table 12. Matriks Risiko

Probabilitas	Dampak				
	Insignification	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Almost Certain					
Likely					
Possible		R3	R1, R4, R5		R2
Unlikely					
Rare					

Table 13. Pengendalian Risiko

a	Proses	Faktor	Risiko	Dampak	L	S	Risk Level	Pengendalian	Hierarki Pengendalian
1	Setting dandori dies, handling part ke pallet	Makura tempat penyimpanan dies licin, operator kurang hati-hati saat setting dies	Tangan Terjepit	Tidak masuk kerja, Biaya medis	3	3	9	Pembersihan rutin secara berkala	Eliminasi
2	Pengambilan part dibawah base plate, pemindahan proses blanking	Tidak mengikuti SOP, Kurang pengawasan dan kehati-hatian	Tangan Putus	Tidak masuk kerja, Cacat permanen	3	5	15	Dibuatkan shuter dan meja transit part	Rekayasa
3	Handling part ke pallet, memindahkan Pallet manual, pengambilan raw material coil ke feder	Tidak ada alat bantu, menggunakan, APD tidak benar, selang tooling bocor	Tangan Tersayat	Biaya medis	3	2	6	Dibuatkan alat bantu lifter plate dan edukasi operator	Rekayasa
4	Mengangkat dies upper manual	Tidak mengikuti SOP, lantai tempat kerja kotor (banyak scrap)	Tangan Tertimpa	Tidak masuk kerja, Biaya medis	3	3	9	Pembersihan rutin secara berkala dan edukasi operator	Eliminasi
5	Memindahkan part ke rak di quality gate	Tidak mengikuti SOP, Tidak ada alat bantu	Cidera terbentur	Tidak masuk kerja, Kompensasi, Biaya medis	3	3	9	Dibuatkan meja transit part finish good	Rekayasa

Tabel 15 menyajikan hasil identifikasi dan penilaian risiko pada proses dies stamping di PT. SGS, beserta strategi pengendalian yang diusulkan untuk setiap risiko kerja yang teridentifikasi. Tujuan di buat tabel pengendalian risiko ini untuk menurunkan potensi bahaya kecelakaan kerja, langkah pengendalian yang direkomendasikan disesuaikan dengan tingkat risiko yang diperoleh. Strategi pengendalian dirancang berdasarkan hierarki pengendalian risiko.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan terdapat lima risiko utama pada proses dies stamping di PT SGS, dengan risiko tertinggi pada aktivitas pengambilan part di bawah base plate dan pemindahan proses blanking (R2), yang memiliki nilai likelihood 0,4 dan severity 8,67 (*high risk*). Risiko ini lebih tinggi dibandingkan dengan R1, R3, R4, dan R5 yang hanya masuk kategori *medium risk*. Tingginya risiko pada R2 dapat dijelaskan oleh kombinasi faktor penyebab, yaitu ketidakpatuhan terhadap SOP, minimnya pengawasan langsung, serta belum adanya rekayasa teknik pendukung yang dapat mengurangi kontak langsung pekerja dengan area berbahaya. Faktor-faktor tersebut membuat potensi kecelakaan pada R2 berdampak lebih serius (cacat permanen atau kehilangan anggota tubuh) dibanding risiko lainnya yang umumnya hanya menimbulkan cedera ringan atau sedang.

Upaya meminimalkan faktor penyebab ini dapat dilakukan melalui penerapan rekayasa teknik berupa *shutter part* dan *meja transit part* untuk mengurangi kontak langsung pekerja dengan mesin, serta penguatan kepatuhan SOP melalui pelatihan, edukasi berkelanjutan, dan pengawasan rutin. Strategi ini konsisten dengan penelitian [8] yang menekankan peran kepatuhan SOP dalam menurunkan risiko kecelakaan kerja, serta [9] yang menunjukkan efektivitas rekayasa teknik dalam menurunkan tingkat kecelakaan pada proses *stamping*. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mendeskripsikan tingkat risiko, tetapi juga memberikan kontribusi ilmiah dengan menunjukkan bagaimana integrasi metode HIRARC dan *fuzzy logic* dapat menghasilkan penilaian risiko yang lebih objektif. Selain itu, penelitian ini menawarkan kontribusi praktis berupa strategi pengendalian yang dapat diimplementasikan secara langsung di PT SGS, seperti pembersihan area kerja secara berkala, rekayasa teknik, dan edukasi pekerja.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu jumlah responden hanya 5 orang ahli dan analisis yang masih terbatas pada satu lini produksi (*dies stamping*). Oleh karena itu, generalisasi hasil penelitian ini ke seluruh proses produksi atau ke industri manufaktur lain perlu dilakukan dengan hati-hati. Secara praktis, implikasi penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi PT SGS, tetapi juga dapat dijadikan acuan oleh industri otomotif secara umum dalam menekan angka kecelakaan kerja, meningkatkan produktivitas, dan memperkuat budaya keselamatan kerja.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada proses dies stamping di PT SGS, teridentifikasi 5 risiko utama dengan 11 faktor penyebab dan 9 jenis dampak kecelakaan kerja. Risiko tertinggi terdapat pada aktivitas pengambilan part di bawah base plate dan pemindahan proses blanking (R2), sedangkan risiko lainnya berada pada kategori medium (R1, R3, R4, R5).

Implikasi praktis penelitian ini bagi PT SGS adalah perlunya penerapan eliminasi melalui pembersihan area kerja secara berkala, rekayasa teknik dengan penyediaan alat bantu kerja (*shutter*, *meja transit*, dan *lifter plate*), serta peningkatan kepatuhan pekerja terhadap SOP dan penggunaan APD secara benar. Dengan penerapan strategi tersebut, perusahaan dapat menurunkan potensi kecelakaan kerja, meningkatkan produktivitas, serta mengurangi biaya kompensasi akibat cedera.

Integrasi metode HIRARC dengan *fuzzy logic* terbukti meningkatkan objektivitas penilaian risiko, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data untuk peningkatan K3 di sektor manufaktur. Ke depan, penelitian ini dapat diperluas ke lini produksi lain maupun diuji pada industri berbeda dengan melibatkan responden lebih banyak, sehingga menghasilkan analisis risiko yang lebih komprehensif dan representatif.

Daftar Pustaka

- [1] Yuamita, F. (2023). Analisis Risiko Potensi Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Departemen Persiapan Produksi Menggunakan Metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assesment And Determining Control):(Studi Kasus: PT Mandiri Jogja International). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(3), 159-167.
- [2] Rahman, A. M., Rahma, M. A., Susanto, P. Z., Djuanda, D., & Agung, M. (2025). Analisis Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Departemen Fasilitas dan Sarana PT Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 4(1), 107-116.
- [3] Swastika, B., Wibowo, P. A., & Abidin, Z. (2022). Pengaruh keselamatan dan kesehatan kerja (K3)

- terhadap produktivitas kerja karyawan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 11(02), 197-204.
- [4] Nita, R., Is, J. M., Fahlevi, M. I., & Yarmaliza, Y. (2022). Analisis kejadian kecelakaan kerja pada pekerja perabot kayu di dunia perabot kecamatan blang pidie kabupaten aceh barat daya. *Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat (Jurmakemas)*, 2(1), 148-168.
 - [5] Irkas, A. U. D., Fitri, A. M., Purbasari, A. A. D., & Pristya, T. Y. (2020). Hubungan Unsafe Action dan Unsafe Condition dengan Kecelakaan Kerja pada Pekerja Industri Mebel. *Jurnal Kesehatan*, 11(3), 363-370.
 - [6] Monoarfa, V., & Miolo, R. N. B. (2022). Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode HIRARC Pada UMKM Pabrik Tahu. *Mopolayio: Jurnal Pengabdian Ekonomi*, 2(1), 1-6.
 - [7] Lumbantobing, T. M. (2021). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Majelis Perbendaharaan Gereja dengan Metode Fuzzy Logic Modell Mamdani (Studi kasus di gereja HKBP Semarang Barat). *Informatika: Jurnal Teknik Informatika dan Multimedia*, 1(1), 26-39.
 - [8] Nur, M., Valentino, V., Sari, R. K., & Karim, A. A. (2023). Analisa Potensi Bahaya Kecelakaan Kerja Terhadap Pekerja Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assement And Risk Control (HIRARC) Pada Perusahaan Aspal Beton. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(3), 150-158.
 - [9] Muhazir, A., Sinaga, Z., Sitorus, H., & Amalia, R. (2023). Analisis potensi bahaya dengan metode hirarc untuk menurunkan angka kecelakaan kerja proses noching pada bagian stamping DI PT. DPL: Perencanaan Waktu Kerja pada Produksi Water Pressure Tank Guna Meningkatkan Produktivitas dengan Metode Time Study. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 120-131.
 - [10] Irmawati, H., Suryani, V., & Rakhmatsyah, A. (2020). Perancangan Prototipe Sistem Pintu Darurat Otomatis Dengan Metode Fuzzy Logic. *eProceedings of Engineering*, 7(2).
 - [11] Hernisa, F. R., Oktavia, M., & Marliantoni, M. (2020). PERANCANGAN Aplikasi Artificial Intelegence Berbasis Fuzzy Logic Untuk Penilaian Program Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Dalam Pelaksanaan Safety Campaign Dan Safety Meeting Pt. Abc Provinsi Jambi. *Jurnal Mine Magazine*, 1(1).
 - [12] Setyabudhi, A. L. (2021). Analisa Sistem Pengendalian Keselamatan Kerja Menggunakan Metode Hirarc (Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control) Studi Kasus PT. XYZ. *Jurnal Industri Kreatif (JIK)*, 5(01), 72-86.
 - [13] Pramesthi, S. A., Anwar, R., & Susanti, L. (2025) "Risk Analysis of Occupational Safety and Health Analysis Using the HIRARC Method at Building Construction," *Astonjadro*, vol. 14, no. 2, pp. 484–497, doi: 10.32832/astonjadro.v14i2.17359.
 - [14] Widana, A. K., Wiryajati, I. K., & Adnyani, I. A. S. (2024). Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Hirarc Pada Gardu Induk Ampenan. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3S1).
 - [15] Ulimaz, A. (2022). Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Stasiun Loading Ramp dengan Metode HIRARC di PT. XYZ. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(3), 268-279.
 - [16] Pagoray, G. L. (2022). Penilaian Risiko K3 Dengan Metode Hirarc Dan Safety Policy Pada Preservasi Jalan Oransbari-Mameh Di Kabupaten Manokwari. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 22(3), 475-486.
 - [17] Magdalena, S., Mansur, H. M., Kurniasari, D. E., & Miharja, J. (2022). Risk Assessment Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Pekerjaan Bongkar Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assessment, & Risk Control pada Pelabuhan Ciwandan di Banten. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 4(1), 35-44.
 - [18] Hutomo, R. T. (2024). Analisis Potensi Risiko Kerja Pada Unit Bisnis Kontruksi Piping Dengan Metode HIRADC Pada PT XYZ. *Journal Serambi Engineering*, 9(2), 8436-8446.
 - [19] Hermanto, M. Z., Suryani, F., & Sari, P. A. (2022). Analisis potensi bahaya, penilaian risiko dan pengendaliannya menggunakan metode hazard identification risk assessment and risk control (HIRARC)(Studi Kasus di Divisi Perawatan (Bengkel Utama) PT XYZ. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 10(1).
 - [20] Perdana, F. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Stasiun Pengisian Lpg Dengan Menggunakan Metode Fuzzy. *Industry Xplore*, 7(1), 132-135.
 - [21] Afredo, L. W. (2021). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja di CV. Jati Jepara Furniture dengan Metode HIRARC (Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima (JURITI PRIMA)*, 4(2).
 - [22] Ramadanti, A. (2021). Analisis Risiko K3 Dan Kesehatan Lingkungan Pada Saat Work From Home Menggunakan Metode HIRARC. *Health Safety Environment Journal*, 2(2).
 - [23] Smarandana, G., Momon, A., & Arifin, J. (2021). Penilaian Risiko K3 pada Proses Pabrikasi Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 7(1), 56-62.
 - [24] Al Masruroh, E. W., & Tranggono, T. (2025). Analisis Probabilitas Risiko dan Usulan Perbaikan Pada

- Proses Weaving Pembuatan Produk Handuk di PT Pabrik Tekstil Kasrie Menggunakan Metode Fuzzy-Bow Tie Analysis. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 10(2), 420-431.
- [25] Chalak, M. H., Kahani, A., Bahramiazar, G., Marashi, Z., Popov, T. I., Dadipoor, S., & Ahmadi, O. (2022). Development and application of a fuzzy occupational health risk assessment model in the healthcare industry. *La Medicina del Lavoro*, 113(4), e2022035.