

# Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Pompa Bagian Maintenance Sulfuric Acid Menggunakan Metode JSA dan HIRARC

Muchammad Femas Agusti Ansyah Putra<sup>1</sup>, Said Salim Dahda<sup>2</sup>, Purwanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Jawa Timur

Email: [femasagustiansyah@gmail.com](mailto:femasagustiansyah@gmail.com), [said\\_salim@umg.ac.id](mailto:said_salim@umg.ac.id), [purwanto@umg.ac.id](mailto:purwanto@umg.ac.id),

## ABSTRAK

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pupuk dan bahan kimia sebagai pendukung kebutuhan agroindustri. Untuk menjamin mutu produk yang dihasilkan, kegiatan pengendalian kualitas dilaksanakan pada *unit maintenance sulfuric acid*. Namun, meningkatnya kompleksitas aktivitas pemeliharaan berpotensi menimbulkan berbagai risiko keselamatan kerja, di antaranya paparan bahan kimia melalui kontak langsung yang dapat menyebabkan iritasi kulit hingga luka bakar serius, serta bahaya pada pekerjaan pengangkatan (*lifting work*) yang melibatkan alat berat dan berisiko mengakibatkan pekerja tertimpa material. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya serta menyusun rekomendasi pengendalian risiko dengan menerapkan metode *Job Safety Analysis* (JSA) dan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan pekerja serta penyebaran kuesioner untuk menilai tingkat kemungkinan terjadinya bahaya dan tingkat keparahan dampaknya. Hasil analisis menunjukkan adanya 12 potensi bahaya yang teridentifikasi pada dua jenis kegiatan kerja. Berdasarkan hasil penilaian risiko, ditemukan 3 (25%) bahaya dengan kategori risiko sangat tinggi, 5 (42%) bahaya dengan kategori risiko tinggi, 3 (25%) bahaya dengan kategori risiko sedang, dan 1 (8%) bahaya dengan kategori risiko rendah. Sebagai upaya mitigasi, penelitian ini mengusulkan tindakan pengendalian risiko, termasuk penerapan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai serta langkah pengendalian lainnya, guna meningkatkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja pada *unit maintenance asam sulfat*.

**Kata kunci:** Keselamatan dan Kesehatan Kerja, *Job Safety Analysis*, HIRARC, Risiko Kecelakaan Kerja, *Sulfuric Acid*, Pengendalian Risiko.

## ABSTRACT

*PT XYZ is a company engaged in producing fertilizers and chemicals to meet the needs of the agro-industry. To ensure product quality, quality control activities are carried out in the sulfuric acid maintenance unit. However, the increasing complexity of maintenance activities has the potential to lead to various occupational safety risks, including chemical exposure through direct contact that can cause skin irritation to serious burns, as well as hazards in lifting work involving heavy equipment that can risk workers being struck by materials. This study aims to identify potential hazards and develop risk control recommendations by applying the Job Safety Analysis (JSA) and Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) methods. Data collection was conducted through interviews with workers and the distribution of questionnaires to assess the likelihood of hazards and the severity of their impacts. The analysis results showed that 12 potential hazards were identified in two types of work activities. Based on the risk assessment results, 3 (25%) hazards were found to be in the very high risk category, 5 (42%) in the high category, 3 (25%) in the medium category, and 1 (8%) in the low category. As a mitigation effort, this study proposes risk control actions, including the implementation of appropriate Personal Protective Equipment (PPE) usage and other control measures, in order to improve occupational safety and health performance in the sulfuric acid maintenance unit.*

**Keywords:** Occupational Safety and Health, Job Safety Analysis, HIRARC, Work Accident Risk, Sulfuric Acid, Risk Control.

## Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang industri telah memberikan dampak positif berupa peningkatan efisiensi kerja dan juga produktivitas tenaga kerja di Indonesia menunjukkan kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun [1]. Namun demikian, kemajuan tersebut juga diiringi dengan meningkatnya potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja di lingkungan industri. Kecelakaan kerja merupakan insiden yang terjadi selama aktivitas kerja, termasuk perjalanan menuju atau dari tempat kerja, serta penyakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja [2]. Kecelakaan kerja tidak hanya menimbulkan dampak fisik terhadap pekerja, tetapi juga menghambat

jalannya operasional perusahaan, serta menurunkan tingkat produktivitas kerja [3]. Selain itu, insiden kecelakaan kerja dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang cukup besar bagi perusahaan. Oleh sebab itu, Untuk mengurangi risiko kecelakaan dan penyakit yang muncul akibat pekerjaan, penting untuk memastikan setiap aktivitas di lingkungan kerja dilakukan dengan aman [4]. Penerapan K3 juga berperan penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan, kerusakan, maupun penyakit yang disebabkan oleh aktivitas kerja [5]. K3 bertujuan untuk mewujudkan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan terbebas dari risiko kecelakaan maupun penyakit akibat kerja, sehingga dapat meningkatkan perlindungan, kenyamanan, efisiensi, dan produktivitas tenaga kerja [6] [7].

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi pupuk dan bahan kimia untuk solusi agroindustri. Demi menjaga kualitas produk yang di hasilkan, diperlukan adanya *Quality Control* yang dilakukan. Lingkungan kerja di *unit maintenace sulfuric acid* memiliki potensi bahaya yang sangat tinggi, Seiring meningkatnya kompleksitas aktivitas di *unit maintenance sulfuric acid*, risiko kecelakaan kerja pun semakin tinggi. Kondisi ini tidak hanya berpotensi mengakibatkan kerugian individu seperti cedera serius hingga kematian, tetapi juga berdampak negatif terhadap produktivitas perusahaan secara keseluruhan [8].

Meskipun aktivitas pemeliharaan pada *unit maintenance sulfuric acid* memiliki tingkat risiko yang tinggi, hingga saat ini belum tersedia kajian risiko yang terstruktur dan terdokumentasi secara komprehensif untuk mengidentifikasi seluruh potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan. Terutama pada aktivitas pekerjaan seperti pembongkaran dan pemasangan pompa menggunakan alat berat, pekerjaan pada ketinggian, serta proses perbaikan pompa yang melibatkan bahan kimia korosif masih berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja apabila tidak dilakukan identifikasi dan pengendalian risiko secara sistematis. Selain itu, belum terdapat pemetaan tingkat risiko yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas pengendalian sesuai tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya bahaya. Kondisi tersebut menyebabkan perusahaan menghadapi tantangan dalam menerapkan langkah pencegahan yang tepat guna meminimalkan potensi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja di lingkungan *maintenance sulfuric acid*.

Dalam manajemen K3, metode *Job Safety Analysis* (JSA) digunakan untuk mengidentifikasi bahaya berdasarkan tahapan pekerjaan, sedangkan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) digunakan untuk menilai tingkat risiko dan menentukan prioritas pengendalian berdasarkan *likelihood* dan *severity* [9] [10] [11]. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan sistem K3 efektif memiliki peranan penting dalam mendukung keselamatan kerja pada *unit maintenance sulfuric acid*. Namun, pada umumnya hanya menerapkan metode JSA dan HIRARC secara terpisah untuk mengidentifikasi potensi bahaya kerja dan pengendalian risiko. Pendekatan tersebut masih memiliki keterbatasan dalam memberikan gambaran yang komprehensif mengenai hubungan antara tahapan pekerjaan, sumber bahaya, tingkat risiko, dan tindakan pengendalian yang diperlukan, khususnya pada aktivitas dengan tingkat risiko tinggi pada pekerjaan yang melibatkan pengangkatan beban berat (*lifting work*), pekerjaan di ketinggian (*working at height*), serta paparan bahan kimia korosif masih relatif terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengintegrasikan metode JSA dan HIRARC secara sistematis pada aktivitas *lifting work*, *working at height*, serta pekerjaan yang melibatkan paparan bahan kimia di *unit maintenance sulfuric acid*. Integrasi kedua metode ini dilakukan untuk menghasilkan identifikasi bahaya yang lebih rinci, penilaian risiko yang lebih akurat, serta penentuan prioritas pengendalian risiko yang terukur [12]. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi akademik berupa pengembangan pendekatan terintegrasi antara JSA dan HIRARC dalam identifikasi serta penilaian risiko pada aktivitas pemeliharaan peralatan proses yang berisiko tinggi. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan dalam menentukan prioritas pengendalian risiko, meningkatkan efektivitas penerapan sistem keselamatan dan kesehatan kerja, mengurangi potensi kecelakaan kerja, mendukung peningkatan produktivitas dan keandalan operasional pada *unit maintenance sulfuric acid* serta menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman serta produktif.

## Metode Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah metode campuran deskriptif yang menggabungkan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara untuk mengidentifikasi potensi bahaya, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan dalam bentuk kuesioner melalui perhitungan skala nilai *likelihood* dan *severity* yang dibagikan kepada 30 responden yang terdiri dari kepala divisi dan para pekerja karyawan yang terkait di *unit maintenance sulfuric acid*. Penelitian ini dilakukan pada *unit maintenance sulfuric acid* di PT. XYZ. XYZ untuk menilai tingkat *likelihood* dan *severity* berdasarkan standar AS/NZS 4360. Kuesioner terlebih dahulu dievaluasi oleh pembimbing lapangan atau praktisi K3 yang berpengalaman guna memastikan kesesuaian isi dengan tujuan penelitian. Observasi dilakukan menggunakan lembar observasi yang disusun berdasarkan tahapan pekerjaan dalam JSA, dengan mengacu pada prosedur kerja (SOP) dan karakteristik aktivitas *maintenance sulfuric acid*. Data diperkuat melalui triangulasi dengan

membandingkan hasil observasi, wawancara, dan kuesioner. Penelitian berfokus pada aktivitas bongkar pasang dan repair pompa yang memiliki tingkat risiko tinggi. Identifikasi bahaya dilakukan menggunakan metode JSA, sedangkan penilaian dan prioritas pengendalian risiko dilakukan dengan metode HIRARC. Seluruh tahapan penelitian dilaksanakan secara sistematis mulai dari pengumpulan data, identifikasi bahaya, penilaian risiko, hingga penyusunan rekomendasi pengendalian. Penerapan ini bertujuan untuk meningkatkan validitas temuan penelitian sekaligus mengurangi kemungkinan bias yang muncul dari penggunaan satu sumber data saja.



**Gambar 1.** Flowchart

Gambar 1 menunjukkan diagram alur yang menggambarkan tahapan penelitian secara menyeluruh. Penelitian diawali dengan proses identifikasi masalah guna menetapkan permasalahan utama yang menjadi fokus kajian. Tahap tersebut kemudian dilanjutkan dengan studi lapangan untuk memperoleh data secara langsung dari lingkungan kerja, serta kajian pustaka yang dilakukan sebagai landasan teoritis penelitian. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data melalui penyebaran kuesioner dan identifikasi potensi bahaya pada aktivitas kerja. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menghitung nilai kemungkinan terjadinya risiko dan tingkat keparahan dampaknya, yang selanjutnya digunakan dalam proses penilaian risiko untuk menentukan tingkat bahaya dari setiap potensi risiko yang teridentifikasi. Tahap hasil dan pembahasan berisi pemaparan serta analisis temuan penelitian secara mendalam. Pada bagian akhir, penelitian ditutup dengan penyusunan kesimpulan yang memuat ringkasan hasil utama beserta rekomendasi tindakan pengendalian risiko yang sesuai. Keseluruhan tahapan tersebut diakhiri dengan tahap penyelesaian penelitian sebagai penanda berakhirnya proses penelitian.

### **Job Safety Analysis (JSA)**

*Job Safety Analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang mungkin muncul pada setiap tahapan pekerjaan, menilai potensi bahaya yang ada, serta menjelaskan langkah-langkah pencegahan guna meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja [13]. JSA berfokus pada keterkaitan antara tenaga kerja, aktivitas pekerjaan, penggunaan peralatan, serta kondisi lingkungan kerja dalam pelaksanaan suatu pekerjaan [14]. Menetapkan JSA sangat penting untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap aktivitas serta menentukan langkah-langkah pengendaliannya [15]. JSA dapat dipahami sebagai suatu proses evaluasi terhadap prosedur kerja guna memastikan bahwa pelaksanaan pekerjaan yang sedang berlangsung telah sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) yang berlaku [16]. Langkah tersebut dilaksanakan guna menjamin penerapan keselamatan dan kesehatan kerja bagi para pekerja selama menjalankan aktivitas operasionalnya. Di samping itu, keberhasilan pelaksanaan upaya tersebut turut dipengaruhi oleh tingkat kepatuhan setiap tenaga kerja dalam memprioritaskan aspek keselamatan kerja pada setiap kegiatan yang dilakukan [17].

### **Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)**

Metode HIRARC merupakan pendekatan yang diterapkan untuk mencegah serta menurunkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja melalui identifikasi dan pengendalian risiko secara sistematis. Penerapan metode ini bertujuan untuk mengurangi potensi bahaya secara tepat dengan upaya meminimalkan risiko kecelakaan kerja serta melaksanakan tindakan pengendalian yang sesuai agar seluruh rangkaian aktivitas kerja dapat berlangsung secara aman [18]. Metode ini dalam penelitian dilaksanakan melalui tiga tahapan utama yang menjadi komponen penting dalam sistem manajemen risiko sekaligus landasan penerapan Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (SMK3). Tahapan tersebut meliputi proses identifikasi potensi bahaya (*hazard identification*), evaluasi tingkat risiko (*risk assessment*), serta penerapan langkah-langkah pengendalian risiko (*risk control*) [19]. Penilaian risiko dilaksanakan melalui analisis terhadap probabilitas

terjadinya suatu insiden (*likelihood*) serta tingkat keparahan akibat yang ditimbulkan (*severity*). Kedua aspek tersebut selanjutnya dipadukan untuk menetapkan klasifikasi risiko, yang mencakup kategori rendah, sedang, tinggi, hingga ekstrem. Implementasi metode HIRARC tidak semata-mata difokuskan pada upaya pencegahan kecelakaan kerja maupun cedera akibat aktivitas operasional, tetapi juga diarahkan untuk mewujudkan kondisi lingkungan kerja yang aman dan sehat. Penerapan tersebut dilakukan sesuai dengan ketentuan serta standar keselamatan dan kesehatan kerja yang telah ditetapkan oleh pemerintah [20]. Tingkat risiko (*risk level*) diperoleh dari hasil perkalian antara nilai kemungkinan terjadinya risiko (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampak (*severity*). Untuk menentukan besarnya nilai kemungkinan maupun tingkat dampak yang digunakan dalam perhitungan tersebut, diterapkan metode *Severity Index* (SI) dan *Likelihood Index* (LI). Nilai kedua indeks tersebut dihitung menggunakan rumus berikut [21].

$$SI/LI = \frac{\sum_{i=0}^5 a_i \times n1}{5N}$$

Keterangan :

- a<sub>i</sub>* : 1,2,3,4 dan 5 skala penilaian *likelihood* / *severity*
- X<sub>i</sub>* : Jumlah pemilih skala *likelihood* / *severity*
- 5 : konstanta maksimal penilaian
- N: Jumlah responden

**Tabel 1.** Skala *Likelihood* (AS/NZS 4360)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan	LI %
5	<i>Almost</i>	Insiden yang berpotensi terjadi kapan saja dalam kondisi normal	81-100
4	<i>Likely</i>	Insiden yang dapat muncul secara rutin atau berkala	61-80
3	<i>Possible</i>	Insiden yang mungkin muncul pada situasi tertentu, namun tidak sering terjadi	41-60
2	<i>Unlikely</i>	Insiden yang kemungkinan jarang terjadi	21-40
1	<i>Rare</i>	Insiden hampir tidak pernah terjadi atau peluangnya sangat rendah	0-20

**Table 2.** Skala *Severity* (AS/NZS 4360)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan	SI %
1	<i>Insignificant</i>	Insiden yang tidak menimbulkan cedera dan kerugian materi sangat	0-20
2	<i>Minor</i>	Insiden ringan yang hanya membutuhkan P3K, dengan kerugian	21-40
3	<i>Moderate</i>	Insiden sedang yang membutuhkan perawatan medis, dengan kerugian	41-60
4	<i>Major</i>	Insiden yang mengakibatkan cedera serius, serta kerugian materi besar	61-80
5	<i>Catastrophic</i>	Insiden yang mengakibatkan fatal hingga kematian dan menimbulkan kerugian materi yang sangat besar	81-100

Penilaian risiko dilakukan setelah seluruh potensi bahaya berhasil diidentifikasi. Proses ini mempertimbangkan dua aspek utama, yaitu tingkat kemungkinan terjadinya suatu kejadian dan besarnya dampak yang ditimbulkan, sehingga prioritas pengendalian dapat ditetapkan secara efektif guna mengurangi tingkat risiko kecelakaan kerja [22]. Penilaian risiko dilakukan dengan mengacu pada tingkat kemungkinan kejadian dan dampak yang ditimbulkannya [23] [24]. pada setiap aktivitas ditetapkan, selanjutnya dilakukan penentuan tingkat risiko yang kemudian dikelompokkan ke dalam kategori rendah, sedang, tinggi, atau ekstrem. Proses klasifikasi tersebut dilakukan dengan menggunakan Matriks Tingkat Penilaian Risiko. Matriks ini berfungsi sebagai alat untuk mengidentifikasi risiko yang membutuhkan penanganan segera melalui analisis gabungan antara peluang terjadinya suatu kejadian dan besarnya konsekuensi yang mungkin ditimbulkan. Hasil penggabungan kedua parameter tersebut menghasilkan tingkat risiko yang menggambarkan besaran risiko sekaligus menjadi dasar dalam menentukan strategi pengendaliannya.

**Tabel 3.** Risk Assessment Matrix Level

Likelihood of Hazard	Severity of Hazard				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
	1	2	3	4	5
5 ( <i>Almost</i> )	H	H	E	E	E
4 ( <i>likely</i> )	M	H	H	E	E
3 ( <i>Possible</i> )	L	M	H	E	E
2 ( <i>Unlikely</i> )	L	L	M	H	E
1 ( <i>Rare</i> )	L	L	M	H	H

Risiko dapat diklasifikasikan berdasarkan warna pada matriks. Warna hijau dengan huruf L menunjukkan *low risk*, kuning dengan huruf M menandakan *medium risk*, oranye dengan huruf H menggambarkan *high risk*, dan merah dengan huruf E menunjukkan *extreme risk*.

Keterangan :

- low risk* (rendah) : Risiko masih dianggap dapat diterima dan hanya membutuhkan sedikit tindakan pengendalian.
- medium risk* (sedang) : Risiko dapat diterima namun Diperlukan upaya pengendalian tambahan guna menurunkan dampaknya.
- high risk* (tinggi) : Aktivitas tidak boleh dilanjutkan sebelum risiko berhasil diturunkan dan tindakan penanganan harus dilakukan segera.
- extreme risk* (sangat tinggi) : Risiko sangat besar memerlukan perhatian segera dan pengendalian yang jauh lebih ketat maka kegiatan wajib dihentikan sepenuhnya.

**Integrasi Job Safety Analysis (JSA) dan Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC)**

Kedua metode ini diintegrasikan untuk memperoleh hasil analisis risiko yang lebih komprehensif. Dalam penelitian ini, identifikasi potensi bahaya dilakukan melalui penerapan metode *Job Safety Analysis* (JSA) dengan membagi setiap pekerjaan ke dalam beberapa tahapan kegiatan. Pada setiap tahapan tersebut dilakukan pengenalan sumber bahaya serta penetapan langkah pengendalian awal yang diperlukan. Hasil identifikasi dari JSA kemudian dievaluasi lebih lanjut menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) untuk mengukur tingkat risiko berdasarkan kemungkinan terjadinya bahaya (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (*severity*). Proses tersebut menghasilkan klasifikasi tingkat risiko pada masing-masing aktivitas kerja. Selanjutnya, hasil penilaian risiko melalui HIRARC digunakan untuk menetapkan prioritas pengendalian sesuai dengan hierarki pengendalian risiko, yang meliputi eliminasi, substitusi, pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri. Integrasi metode JSA dan HIRARC ini memungkinkan penentuan tingkat risiko yang lebih sistematis dan diharapkan dapat memberikan kajian risiko yang lebih menyeluruh dan mendalam sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi peningkatan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di *unit maintenance sulfuric acid* PT XYZ .

**Hasil Dan Pembahasan**

**Identifikasi Potensi Bahaya dengan Analisis Keselamatan Kerja (JSA)**

Tahap awal penelitian dilakukan melalui kegiatan observasi dan identifikasi potensi bahaya pada seluruh aktivitas kerja yang berlangsung di *unit maintenance sulfuric acid*. Aktivitas kerja pada unit tersebut terbagi menjadi dua kelompok proses utama, yaitu pekerjaan pembongkaran dan pemasangan pompa asam menggunakan alat berat serta pekerjaan perbaikan (*repair*) pompa. Proses pembongkaran dan pemasangan pompa mencakup kegiatan pembukaan *flange* pompa, pembongkaran komponen internal pompa, serta aktivitas pengangkatan dan penurunan pompa. Sementara itu, proses perbaikan pompa meliputi *flushing* pompa, penggunaan peralatan pemanas (*heater*), kegiatan pengelasan (*welding*), penggerindaan (*grinding*), dan pemotongan material (*cutting*). Selanjutnya, hasil pengolahan kuesioner berdasarkan aspek kemungkinan (*likelihood*) disajikan dalam bentuk ringkasan. Ringkasan tersebut memberikan informasi mengenai tingkat probabilitas terjadinya suatu kejadian atau kondisi tertentu berdasarkan penilaian dan persepsi responden.

**Tabel 4.** Rekapitulasi Hasil Kuisisioner Dengan Tingkat Kemungkinan (*Likelihood*)

Aktivitas Pekerjaan	Risiko	Skala Likelihood				
		1	2	3	4	5
Bongkar dan pasang pompa <i>acid</i> menggunakan alat berat	Terkena cairan asam sulfat pada saat buka <i>flange</i> pompa	0	0	10	12	8
	Tangan terjepit atau tergelincir pada benda kerja saat pembongkaran internal pompa	0	10	17	3	0
	Jatuh dari ketinggian dari atas tanki asam sulfat	9	21	0	0	0
	konsleting listrik saat melepas atau memasang motor	0	9	16	5	0
	Bahaya beban yang jatuh atau tertimpa material pada saat pengangkatan dan penurunan pompa	5	15	7	3	0
	Terpeleset permukaan area kerja yang licin akibat tumpahan <i>chemical</i>	3	9	13	5	0
	Area kerja yang bising	3	9	13	5	0
Perkerjaan <i>repair</i> pompa	Terhirup uap asam sulfat	3	17	10	0	0
	Terkena cairan sisa asam sulfat yang masih menempel	3	14	12	1	0
	Tersengat oleh alat panas heater pada saat pemanasan bearing	18	11	1	0	0
	Terkena percikan api pada saat proses <i>welding, cutting, grinding</i>	1	14	12	3	0
	Terkena Paparan sinar cahaya <i>UV</i> dari proses <i>welding</i>	3	17	10	0	0

Berikut adalah hasil kuesioner yang telah disebarakan kepada responden dirangkum berdasarkan tingkat keparahan (*severity*) guna mengevaluasi besarnya dampak atau konsekuensi yang berpotensi muncul apabila suatu risiko atau kejadian benar-benar terjadi. Ringkasan tersebut menyajikan gambaran mengenai tingkat pengaruh yang ditimbulkan terhadap individu, organisasi, lingkungan, maupun sistem secara menyeluruh.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Hasil Kuisisioner Dengan Tingkat Keparahahan (*Severity*)

Aktivitas pekerjaan	Risiko	Skala <i>Severity</i>				
		1	2	3	4	5
Bongkar dan pasang pompa <i>acid</i> menggunakan alat berat	Iritasi pada kulit, Kulit melepuh dan luka bakar	0	0	2	12	16
	Cedera tangan memar, luka sayat, robek dan patah tulang pada jari atau tangan	0	24	6	0	0
	Cedera fisik serius, patah tulang, risiko cacat permanen hingga kematian	0	0	4	14	12
	Tersengat listrik ringan hingga berat, percikan api hingga memicu kebakaran	1	23	6	0	0
	Cedera fisik : cedera kepala, cedera otot, memar pada tubuh hingga patah tulang	0	1	22	7	0
	kaki terkilir dan cedera otot	20	10	0	0	0
	Gangguan pendengaran	14	13	3	0	0
Perkerjaan <i>repair</i> pompa	Gangguan pernafasan batuk, sesak nafas, iritasi tenggorokan dan hidung	3	22	5	0	0
	Iritasi pada kulit, Kulit melepuh dan luka bakar	0	20	10	0	0
	Kulit melepuh dan luka bakar	4	24	2	0	0
	Kulit melepuh dan luka bakar, memicu kebakaran	15	15	0	0	0
	Gangguan penglihatan	3	22	5	0	0

**Penilaian Risiko dengan Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC)**

Penilaian indeks kemungkinan dilakukan untuk menentukan tingkat probabilitas munculnya suatu bahaya atau risiko dalam pelaksanaan pekerjaan. Sebagai contoh, perhitungan indeks kemungkinan diterapkan pada aktivitas bongkar dan pasang pompa *acid* menggunakan alat berat yang memiliki potensi paparan cairan asam sulfat terhadap pekerja.

1. Terkena cairan asam sulfat pada saat buka *flange* pompa

$$LI = \frac{\sum_{i=0}^5 a_i \times Xi}{5N}$$

$$LI = \frac{(1 \times 0) + (2 \times 0) + (3 \times 10) + (4 \times 12) + (5 \times 8)}{5 \times 30} \times 100\%$$

$$LI = \frac{0 + 0 + 30 + 48 + 40}{150} \times 100\%$$

$$LI = 78\%$$

Penilaian indeks keparahan digunakan untuk mengevaluasi besarnya dampak atau konsekuensi yang dapat ditimbulkan apabila suatu insiden terjadi. Berikut contoh perhitungan indeks keparahan dilakukan pada aktivitas pekerjaan bongkar dan pasang menggunakan alat berat yang memiliki potensi paparan cairan asam sulfat terhadap pekerja, guna menilai tingkat keparahan akibat risiko yang mungkin muncul selama pelaksanaan pekerjaan tersebut.

1. Iritasi pada kulit, Kulit melepuh dan luka bakar

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^5 a_i \times Xi}{5N}$$

$$SI = \frac{(1 \times 0) + (2 \times 0) + (3 \times 2) + (4 \times 12) + (5 \times 16)}{5 \times 30} \times 100\%$$

$$SI = \frac{0 + 0 + 6 + 48 + 80}{150} \times 100\%$$

$$SI = 89\%$$

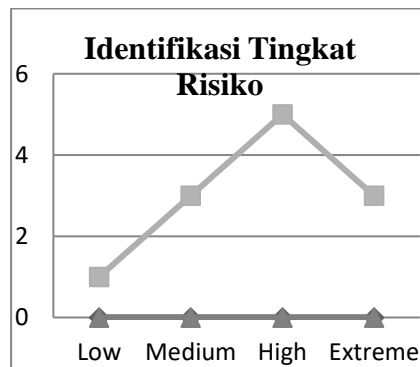
Setelah nilai Indeks Kemungkinan (*Likelihood Index*) dan Indeks Keparahahan (*Severity Index*) diperoleh, tahapan selanjutnya meliputi pelaksanaan pengendalian serta evaluasi risiko. Penilaian risiko (*risk assessment*) merupakan suatu proses sistematis yang digunakan untuk menganalisis dan menentukan tingkat risiko dari potensi bahaya yang telah teridentifikasi [25]. Besaran risiko ditentukan melalui matriks penilaian risiko dengan mengombinasikan nilai kemungkinan terjadinya bahaya (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampaknya (*severity*) [26]. Proses ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai tingkat risiko yang ditimbulkan oleh setiap potensi bahaya sehingga dapat menjadi dasar dalam penetapan tindakan pengendalian yang tepat. Hasil penilaian tersebut disajikan dalam tabel yang memuat klasifikasi tingkat risiko kecelakaan kerja beserta analisis yang diperoleh dari kombinasi nilai kemungkinan dan keparahan.

**Table 6.** Hasil Penilaian Risiko

No	Risiko	Likelihood Index LI	Skala LI	Dampak	Severity Index SI	Skala SI	Tingkat
----	--------	---------------------	----------	--------	-------------------	----------	---------

							Risiko
1	Terkena cairan asam sulfat pada saat buka <i>flange</i> pompa	78%	4	Iritasi pada kulit, Kulit melepuh dan luka bakar	89%	5	E
2	Tangan terjepit atau tergelincir pada benda kerja saat pembongkaran internal pompa	5%	3	Cedera tangan (memar, luka sayat, robek) dan patah tulang pada jari atau tangan	44%	3	H
3	Jatuh dari ketinggian dari atas tanki asam sulfat	34%	2	Cedera fisik serius, patah tulang, risiko cacat permanen hingga kematian	85%	5	E
4	konsleting listrik saat melepas atau memasang motor	57%	3	Tersengat listrik ringan hingga berat, percikan api hingga memicu kebakaran	43%	3	H
5	Bahaya beban yang jatuh atau tertimpa material pada saat pengangkatan dan Penuruna pompa	45%	3	Cedera fisik : cedera kepala, cedera otot, memar pada tubuh hingga patah tulang	64%	4	E
6	Terpeleset permukaan area kerja yang licin akibat tumpahan <i>chemical</i>	53%	3	kaki terkilir dan cedera otot	26%	2	M
7	Area kerja yang bising	53%	3	Gangguan pendengaran	32%	2	M
8	Terhirup uap asam sulfat	44%	3	Gangguan pernafasan (batuk, sesak nafas), iritasi tenggorokan dan hidung	41%	3	H
9	Terkena cairan sisa asam sulfat yang masih menempel	45%	3	Iritasi pada kulit, Kulit melepuh dan luka bakar	46%	3	H
10	Tersengat oleh alat panas heater pada saat pemanasan bearing	28%	2	Kulit melepuh dan luka bakar	38%	2	L
11	Terkena percikan api pada saat proses welding, cutting, grinding	51%	3	Kulit melepuh dan luka bakar, memicu kebakaran	30%	2	M
12	Terkena Paparan sinarcahaya UV dari proses Welding	44%	3	Gangguan penglihatan	41%	3	H

Berdasarkan hasil penilaian risiko yang disajikan pada tabel, teridentifikasi sebanyak 12 potensi bahaya yang berasal dari 2 aktivitas kerja. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa 1 potensi bahaya termasuk dalam kategori risiko rendah, 3 potensi bahaya berada pada kategori risiko sedang, 5 potensi bahaya tergolong risiko tinggi, dan 3 potensi bahaya lainnya masuk dalam kategori risiko sangat tinggi. Berdasarkan pengelompokan risiko menurut kategori pekerjaan, aktivitas bongkar dan pasang pompa menggunakan alat berat memiliki tingkat risiko lebih tinggi dibandingkan pekerjaan repair pompa. Dari 8 potensi bahaya pada aktivitas bongkar-pasang, terdapat 3 risiko ekstrem, 3 risiko tinggi, dan 2 risiko sedang. Sementara itu, pada pekerjaan repair pompa terdapat 2 risiko tinggi, 1 risiko sedang, dan 1 risiko rendah tanpa adanya risiko ekstrem. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerjaan bongkar-pasang pompa menjadi prioritas utama dalam penerapan pengendalian K3 karena memiliki dominasi risiko tinggi hingga ekstrem. Hasil klasifikasi risiko digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas tindakan pengendalian. Risiko kategori *extreme* menjadi prioritas utama karena memiliki tingkat kemungkinan dan dampak yang sangat tinggi sehingga memerlukan pengendalian segera. Pada penelitian ini, prioritas pengendalian difokuskan pada bahaya paparan cairan asam sulfat, risiko jatuh dari ketinggian, serta bahaya tertimpa material saat proses pengangkatan dan penurunan pompa karena berpotensi menyebabkan cedera serius, cacat permanen, hingga kematian. Selanjutnya, tindakan pengendalian dilakukan secara berurutan pada risiko kategori *high*, *medium*, dan *low* sesuai prinsip prioritas dalam manajemen risiko K3. Penentuan prioritas pengendalian dilakukan berdasarkan hasil klasifikasi tingkat risiko, dimana risiko kategori *extreme* menjadi prioritas utama. Pendekatan ini memastikan sumber daya pengendalian difokuskan pada bahaya yang memiliki kombinasi kemungkinan kejadian dan tingkat keparahan dampak paling besar. Selanjutnya, distribusi persentase tingkat risiko dari seluruh potensi bahaya yang telah teridentifikasi tersebut ditampilkan melalui grafik garis berikut untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai proporsi masing-masing kategori risiko.



Gambar 2. Grafik Identifikasi Tingkat Risiko

Diagram garis menunjukkan distribusi proporsi pada setiap tingkat risiko yang teridentifikasi. Kategori risiko tinggi mendominasi dengan jumlah lima bahaya, disusul oleh kategori sangat tinggi sebanyak tiga bahaya, kategori sedang sebanyak tiga bahaya, serta kategori rendah yang hanya terdiri atas satu bahaya. Penyajian data tersebut memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat risiko yang paling dominan sehingga dapat dijadikan dasar dalam menentukan prioritas penerapan tindakan pengendalian risiko secara efektif.

Setelah proses identifikasi bahaya dan evaluasi tingkat risiko selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah pelaksanaan pengendalian risiko. Pada penelitian ini, tindakan pengendalian dilakukan berdasarkan prioritas tingkat risiko, dimulai dari risiko dengan kategori tertinggi hingga risiko dengan kategori terendah. Pengendalian risiko merupakan suatu pendekatan yang digunakan perusahaan untuk menilai potensi kerugian yang dapat timbul serta menetapkan langkah-langkah yang diperlukan guna mengurangi maupun menghilangkan sumber risiko tersebut. Selain itu, proses ini berfungsi untuk mengantisipasi risiko yang berpeluang besar terjadi dan mendukung penyusunan strategi yang memungkinkan organisasi tetap berada dalam kondisi terkendali serta siap menghadapi berbagai permasalahan di masa mendatang. Dengan demikian, pengendalian risiko berperan dalam mendukung keberlanjutan dan membantu perusahaan untuk terus berkembang [27]. Namun, Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, yaitu hanya berfokus pada satu unit kerja, melibatkan 30 responden, serta penilaian risiko yang dilakukan dalam satu periode pengamatan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan mencakup lebih banyak unit kerja, melakukan evaluasi pasca-penerapan pengendalian risiko, dan memanfaatkan teknologi monitoring otomatis untuk memperoleh data keselamatan kerja yang lebih komprehensif dan berkelanjutan.

**Tabel 7. Rekomendasi Perbaikan**

Langkah Pekerjaan	Potensi Bahaya	Dampak	Kontrol Administrasi	Kontrol Teknik	Penggunaan APD
Bongkar dan pasang pompa <i>acid</i> menggunakan alat berat	1. Terkena cairan asam sulfat pada saat buka <i>flange</i> pompa	1. Iritasi pada kulit, Kulit melepuh dan luka bakar	1. SOP pembukaan <i>flange</i> pompa dan izin kerja berbahaya ( <i>Hot/Chemical Permit</i> ). 2. <i>Safety briefing</i> dan pelatihan penanganan bahan kimia. 3. Penandaan area kerja	1. Memasang pelindung atau alat khusus untuk menghindari kontak langsung 2. Sediakan <i>eyewash &amp; safety shower</i> dalam kondisi siap pakai.	Baju <i>fullbody</i> anti <i>acid</i> , Sarung tangan <i>chemical resistant</i> , <i>Faceshield</i> , <i>Apron chemical</i> , <i>Safety glasses</i> , <i>Safety boots chemical</i>
	2. Tangan terjepit atau tergelincir pada benda kerja saat pembongkaran internal pompa	2. Cedera tangan memar, luka sayat, robek dan patah tulang pada jari atau tangan	1. SOP pembongkaran pompa. 2. Memberikan pelatihan cara membongkar pompa dengan aman 3. Komunikasi jelas antar pekerja	1. Menggunakan alat bantu yang canggih dengan pegangan ergonomis	Sarung tangan mekanik, <i>Safety shoes</i> , <i>Safety helmet</i>
	3. Jatuh dari ketinggian dari atas tanki asam sulfat	3. Cedera fisik serius, patah tulang, risiko cacat permanen hingga kematian	1. Membuat prosedur kerja di ketinggian 2. Izin kerja ketinggian. 3. Inspeksi area sebelum bekerja.	1. Pemasangan pagar pelindung di area sekitar ( <i>Safety railing &amp; barricade</i> )	<i>Full body harness</i> , <i>Safety helmet</i> , <i>Safety shoes anti-slip</i>
	4. konsleting listrik saat melepas atau memasang motor	4. Tersengat listrik ringan hingga berat, percikan api hingga memicu kebakaran	1. Pelatihan <i>electrical safety</i>	1. Pastikan panel listrik dimatikan dan dikunci / LOTO ( <i>Lock Out Tag Out</i> ) sebelum pekerjaan dimulai.	Sarung tangan <i>electrical insulated</i> , <i>Safety helmet Safety shoes</i> , Baju kerja <i>non-conductive</i>
	5. Bahaya beban yang jatuh atau tertimpa material pada saat pengangkatan dan penurunan pompa	5. Cedera fisik : cedera kepala, cedera otot, memar pada tubuh hingga patah tulang	1. Izin kerja ( <i>lifting permit</i> ) 2. Membuat SOP yang jelas mengenai prosedur pengangkatan dan memberi <i>sign</i> pada area yang memiliki potensi bahaya 3. Kompetensi operator	1. Memasang alat pembatas di area kerja diberi <i>barricade</i> dan <i>clear zone</i> .	<i>Safety helmet</i>
	6. Terpeleset permukaan area kerja yang licin akibat tumpahan <i>chemical</i>	6. kaki terkilir dan cedera otot	1. pemberian rambu bahaya " <i>slippery</i> " 2. Prosedur Penanganan Tumpahan ( <i>SOP Spill Control</i> )	1. Pembersihan area secara berkala	<i>Safety shoes anti-slip</i> , Sarung tangan <i>chemical</i> , Baju kerja lengan panjang
	7. Area kerja yang bising	7. Gangguan pendengaran	1. Pengaturan durasi kerja ( <i>rotasi</i> ).	Pasang <i>sign</i> area bising <i>monitoring</i> kebisingan ( <i>noise</i> )	<i>Ear plugg</i> , <i>ear muff</i>

	8. Terhirup uap asam sulfat	8. Gangguan pemafasan (batuk, sesak nafas), iritasi tenggorokan dan hidung	1. SOP area pembatasan akses <i>gas detection</i>	<i>meter</i> ) secara rutin. 1. Ventilasi lokal ( <i>Local Exhaust Ventilation</i> ) untuk menghisap uap kimia 2. Pemasangan <i>blower / exhaust fan</i> di area kerja untuk meningkatkan sirkulasi udara.	Masker gas, <i>Faceshield</i> , <i>Safety glasses</i>
Pekerjaan Repair Pompa	1. Terkena cairan sisa asam sulfat yang masih menempel	1. Iritasi pada kulit, kulit melepuh dan luka bakar	1. SOP <i>cleaning</i> dan inspeksi sebelum perbaikan	1. Netralisasi & <i>cleaning</i> pompa	Sarung tangan <i>chemical resistant</i> , <i>Faceshield</i> anti <i>chemical</i> , <i>Apron chemical</i> , <i>Safety glasses</i> , <i>Safety boots chemical</i>
	2. Tersengat oleh alat panas <i>heater</i> pada saat pemanasan <i>bearing</i>	2. Kulit melepuh dan luka bakar	1. SOP pemanasan <i>bearing</i>	1. Memakai alat penjepit <i>bearing</i> anti panas 2. Beri tanda " <i>HOT SURFACE</i> "	Sarung tangan tahan panas, Baju kerja tahan panas
	3. Terkena percikan api pada saat proses <i>welding</i> , <i>cutting</i> , <i>grinding</i>	3. Kulit melepuh dan luka bakar, memicu kebakaran	1. <i>Hot work permit</i> , <i>fire watch</i> , SOP <i>welding</i>	1. <i>Fire blanket</i> , <i>spark guard</i> , APAR <i>standby</i>	Helm las, Sarung tangan <i>welding</i> , <i>Apron</i> kulit, <i>Safety shoes</i> , <i>Faceshield</i> , <i>Safety helmet</i>
	4. Terkena Paparan sinar cahaya UV dari proses <i>welding</i>	4. Gangguan penglihatan	1. Pelatihan <i>welder</i>	1. <i>Welding curtain</i> , pembatas area	Helm las, kacamata las

Efektivitas pengendalian risiko tidak hanya bergantung pada penerapan kontrol administratif, teknik, dan penggunaan APD, tetapi juga pada kepatuhan pekerja terhadap SOP dan konsistensi penggunaan APD selama bekerja. APD merupakan lapisan pengendalian terakhir dalam hierarki pengendalian risiko sehingga efektivitasnya akan berkurang apabila tidak didukung oleh pengendalian administratif dan teknis yang memadai. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan monitoring dan evaluasi secara berkala melalui inspeksi K3, audit kepatuhan SOP dan APD, serta pemeriksaan kondisi peralatan kerja. Evaluasi dilakukan dengan meninjau temuan bahaya, kejadian near miss, dan kecelakaan kerja untuk menilai efektivitas pengendalian yang telah diterapkan. Pada risiko ekstrem dan tinggi, peninjauan ulang risiko disarankan setiap 3–6 bulan atau setelah terjadi perubahan proses maupun insiden kerja. Hasil evaluasi tersebut dapat digunakan untuk memperbaiki penilaian HIRARC dan meningkatkan kinerja K3 secara berkelanjutan. Rekomendasi pengendalian yang dihasilkan dalam penelitian ini selaras dengan prinsip manajemen risiko pada standar OHSAS 18001 dan ISO 45001, yang menekankan identifikasi bahaya, penilaian risiko, penerapan hierarki pengendalian, serta perbaikan berkelanjutan. Penguatan prosedur kerja, penggunaan APD yang sesuai, inspeksi rutin, pelatihan pekerja, dan evaluasi risiko secara berkala menunjukkan bahwa hasil penelitian tidak hanya bermanfaat bagi PT XYZ, tetapi juga sejalan dengan praktik pengelolaan K3 yang diterapkan pada industri kimia dan manufaktur berisiko tinggi di tingkat internasional.

## Simpanan

Berdasarkan hasil penilaian risiko menunjukkan adanya 3 potensi bahaya (25%) yang diklasifikasikan sebagai risiko sangat tinggi (*extreme risk*), yaitu paparan bahan kimia akibat kontak langsung selama kegiatan analisis, risiko bekerja pada ketinggian, serta bahaya yang berkaitan dengan penggunaan alat berat. Selain itu, teridentifikasi 5 potensi bahaya (42%) yang termasuk dalam kategori risiko tinggi, 3 (25%) potensi bahaya dengan tingkat risiko sedang, dan 1 potensi bahaya (8%) yang berada pada kategori risiko rendah. Identifikasi bahaya pada seluruh aktivitas kerja di *unit maintenance acid* mengindikasikan bahwa setiap jenis pekerjaan memiliki tingkat risiko yang bervariasi, mulai dari cedera ringan hingga dampak yang dapat menyebabkan kecacatan serius maupun kematian. Oleh karena itu, pengendalian risiko perlu didukung oleh penggunaan APD yang disesuaikan dengan karakteristik dan tingkat bahaya pekerjaan. APD yang direkomendasikan mencakup helm keselamatan, sepatu keselamatan, sarung tangan, masker gas atau debu, kacamata pelindung, pakaian pelindung tahan bahan kimia, serta *body harness*. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penguatan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja perusahaan melalui implementasi strategi pengendalian bahaya yang lebih tepat sasaran serta penyusunan program keselamatan kerja yang lebih efektif dan berkelanjutan.

## Daftar Pustaka

- [1] S. R. Ningsih, "Pengaruh Teknologi Terhadap Produktivitas Tenaga Kerja di Indonesia," *Benefit J. Bussiness, Econ. Financ.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.70437/benefit.v2i1.341.
- [2] J. Ilmiah and W. Pendidikan, "4186-Article Text-12747-1-10-20230630," vol. 9, no. June, pp. 608–616, 2023.
- [3] D. S. M. A. Y. Saputra, M. N. Fadillah, and D. Setiadi, "Aplikasi Checklist Safety Berbasis Mobile Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA) untuk Audit Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Di PT Matahari Putra Prima, Tbk," *JSI (Jurnal Sist. Informasi) Univ. Suryadarma*, vol. 8, no. 2, 2021.
- [4] E. Endrianto and A. Z. Adnan, "Sistem Manajemen Keselamatan Kesehatan Kerja (Smk3) Kontraktor Di Pt Pertamina Ep Asset 3 Jatibarang Field," *J. Kesehat. Tambusai*, vol. 4, no. 2, pp. 345–350, 2023.
- [5] E. Nuraliasari, N. Nandang, and Z. Apriani, "Analisis Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada PT. XYZ - Karawang," *J. Econ. Bussines Account.*, vol. 7, no. 5, pp. 1057–1067, 2024, doi: 10.31539/costing.v7i5.11663.
- [6] A. Alfian and A. Juhanto, "Pelaksanaan Keselamatan Dan Kesehatan Keja (K3) di Area Kerja Produksi Precast di PT. Bosowa Beton Indonesia," *Inhealth Indones. Heal. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 26–36, 2023.
- [7] B. L. Kusuma and E. Hermawan, "Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja pada Warehouse PT XYZ Indonesia Cibitung," vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2026.
- [8] T. Ihsan, A. K. Hendri, S. Silvia, and A. Maulidya, "Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja Di Pelabuhan Dengan Bowtie Analysis: Studi Kasus Di Pt Pelabuhan Indonesia Regional 2 Teluk Bayur," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 20, no. 3, pp. 186–196, 2025, doi: 10.14710/jati.20.3.186-196.
- [9] R. Atika, A. Sucipto, and R. Novia, "Jurnal Optimasi Teknik Industri Meminimasi Human Error Dengan Job Safety Analysis ( JSA ), Metode," pp. 53–61, 2023.
- [10] A. R. Marsukik, A. Saleh, and T. Nur, "Pencegahan Kecelakaan Kerja Pada Bagian Pemurnian Bijih Nikel Di Pt . Smi," pp. 183–190, 2024.
- [11] M. A. Arrijal, "Analisis Risiko dan Mitigasi Bahaya dalam Proses Pengelasan Pendekatan K3 di Lingkungan Kerja," *J. Ind. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 71–78, 2025, doi: 10.36277/jietech.v1i2.17.
- [12] S. Kasus, P. T. Sika, and I. Phase, "Analisis Risiko Potensi Kecelakaan Kerja Pada Proyek Kontruksi Perluasan Gedung Pabrik Menggunakan Metode JSA dan HIRARC," vol. 3, no. 1, pp. 603–611, 2026.
- [13] I. S. Ari and L. Lukmandono, "Integrasi Job Safety Analysis (JSA) dan Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Guna Mencegah Risiko Kecelakaan Kerja," in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 2024.
- [14] Bima Putra Pranoto and Ferida yuamita, "Analisis Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA)," *J. Rekeyasa Proses dan Ind. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 01–11, 2025, doi: 10.59061/repit.v3i2.1042.
- [15] H. F. Qishas *et al.*, "Evaluasi Resiko K3 Pada Perawatan Jembatan Timbang Di Pt. Cahyo Permata Abadi Dengan Metode Job Safety Analysis," *J. InTent*, vol. 7, no. 2, pp. 67–79, 2024.
- [16] A. Z. Abidin and N. A. Mahbubah, "Pemetaan risiko pekerja konstruksi berbasis metode job safety analysis di PT BBB," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 2111–2119, 2021.
- [17] D. A. Lestari, S. R. Rizalmi, and N. O. Setiowati, "Identifikasi Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA) pada Rumah Produksi Tahu," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 4, pp. 1335–1344, 2023.
- [18] M. F. Pratama, E. Ismiyah, and A. W. Rizqi, "Analisis Risiko (K3) Metode Hazard Identification Risk Assesment And Risk Control (HIRARC) di Departemen Laboratorium PT. ABC," *J. Ilm. Giga*, vol. 25, no. 2, p. 88, 2022, doi: 10.47313/jig.v25i2.1922.
- [19] A. L. Setyabudhi, "Analisa Sistem Pengendalian Keselamatan Kerja Menggunakan Metode Hirarc (Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control) Studi Kasus PT. XYZ," *J. Ind. Kreat.*, vol. 5, no. 01, pp. 72–86, 2021.
- [20] Tedi Dahniar and Fredy Dwi Ibnu, "Penerapan Metode Hirarc Untuk Pengelolaan RisikoKesehatan Dan Keselamatan Kerja Di Industri Besi," *Ind. Inov. - J. Tek. Ind.*, pp. 34–39, 2015.
- [21] F. Azzahra, E. P. Nurlaili, and J. D. Ratisan, "Analisis Risiko Kerja Menggunakan Job Safety Analysis (JSA) Dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assessment And Risk Control (Hirarc) di PT Indo Java Rubber Planting Co," *J. Agrifoodtech*, vol. 1, no. 1, pp. 21–34, 2022.
- [22] N. Faizah, E. Purnamawati, and T. Tranggono, "Analisis Risiko K3 Pada Kegiatan Reparasi Kapal dengan Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) dan Metode Job Safety Analysis (JSA) pada PT. NF," *Juminten*, vol. 2, no. 5, pp. 74–85, 2021, doi: 10.33005/juminten.v2i5.316.
- [23] S. D. H. Pratama, D. Andesta, "Analisis Potensi Bahaya Kerja Dengan Metode JSA Dan HIRARC Di Workshop Fabrikasi," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 154–162, 2026, doi:

- 10.55826/jtmit.v5i1.1476.
- [24] P. Y. Pandu, “Analisis Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja ( K3 ) pada Area Fabrikasi dengan Pendekatan Job Safety Analysis ( JSA ) dan HIRARC,” vol. 5, no. 2, pp. 1182–1190, 2026.
- [25] A. Ulimaz, “Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Stasiun Loading Ramp dengan Metode HIRARC di PT. XYZ,” *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 268–279, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i3.573.
- [26] Ghika Smarandana, Ade Momon, and Jauhari Arifin, “Penilaian Risiko K3 pada Proses Pabrikasi Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC),” *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 7, no. 1, pp. 56–62, 2021, doi: 10.30656/intech.v7i1.2709.
- [27] S. D. Wahyuningsih, “Analisis Analisis Pengendalian Risiko Untuk Mengurangi Kerugian Pada UMKM Makanan Tradisional Wajik Kletik Ibu Prajitno,” *JAMI J. Ahli Muda Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 183–187, 2024, doi: 10.46510/jami.v5i2.349.