Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi
Volume 4 Nomor 4 Oktober 2026
e-ISSN: 2964-5964; p-ISSN: 2985-315X, Hal. 122-134
DOI: https://doi.org/10.59024/jisi.v4i4.2641
Tersedia: https://jurnal.alimspublishing.co.id/index.php/JISI

Analisis Risiko Keselamatan Kerja pada Aktivitas Pengelasan Menggunakan Metode HIRARC dan *Fault Tree Analysis* di PT XYZ

Suparjo[1], Wanda Oktiva Andini[2*]
[1-2]Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia
Email: suparjo@itats.ac.id[1], wandaoktivaa@gmail.com[2]
**Penulis Korespondensi: wandaoktivaa@gmail.com*

Abstract. *This study analyzes occupational safety and health risks in the welding process at PT. XYZ using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) and Fault Tree Analysis (FTA) methods. Welding activities involve various hazards, including sparks, hot metal fragments, welding fumes, ultraviolet and infrared radiation, high temperatures, and electrical currents. The HIRARC method was applied to identify hazards, assess risk levels based on the AS/NZS 4360:2004 standard, and determine appropriate control measures using the Hierarchy of Control. The results identified ten potential hazards across four groups of work activities, consisting of one high-risk hazard, two moderate-to-high-risk hazards, five moderate-risk hazards, and two low-to-moderate-risk hazards. The highest risk was exposure to hot metal fragments (welding slag), with a risk score of 20 (L = 5; S = 4). Furthermore, Fault Tree Analysis was conducted to determine the root causes of the highest-risk hazard. The analysis revealed that the incident was mainly caused by three factors: failure to use personal protective equipment (PPE), unsafe working conditions, and human error. Based on these findings, risk control recommendations were developed using the 5W+1H approach, including strengthening PPE compliance, installing welding curtains, implementing a permit-to-work system, and conducting regular occupational safety and health training to reduce workplace accidents during welding operations at PT. XYZ.*

Keywords: *Fault Tree Analysis; HIRARC; Occupational Safety; Risk; Welding.*

Abstrak. Penelitian ini menganalisis risiko keselamatan kerja pada proses pengelasan di PT. XYZ menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) serta Fault Tree Analysis (FTA). Proses pengelasan memiliki berbagai potensi bahaya, seperti percikan api, serpihan logam panas, asap las (fume), radiasi ultraviolet/inframerah, suhu tinggi, dan arus listrik. Metode HIRARC digunakan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan standar AS/NZS 4360:2004, serta menentukan pengendalian risiko melalui Hierarchy of Control. Hasil penelitian mengidentifikasi 10 potensi bahaya pada empat kelompok aktivitas kerja, terdiri atas 1 risiko kategori High, 2 kategori Moderate to High, 5 kategori Moderate, dan 2 kategori Low to Moderate. Risiko tertinggi adalah terkena serpihan logam panas (slag terak las) dengan skor risiko 20 (L=5; S=4). Selanjutnya, metode FTA digunakan untuk menganalisis akar penyebab risiko tertinggi tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa kecelakaan dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu kegagalan penggunaan APD, kondisi kerja yang tidak aman, dan faktor manusia (human error). Berdasarkan hasil tersebut, rekomendasi pengendalian disusun menggunakan pendekatan 5W+1H, meliputi peningkatan kepatuhan penggunaan APD, pemasangan welding curtain, penerapan sistem permit-to-work, dan pelatihan K3 secara berkala guna menurunkan risiko kecelakaan kerja pada proses pengelasan di PT. XYZ.

Kata Kunci: *Fault Tree Analysis;* HIRARC; Keselamatan Kerja; Pengelasan; Risiko.

1. LATAR BELAKANG

Di tengah perkembangan industri 4.0, perusahaan harus mempertahankan produktivitas sekaligus mengintegrasikan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari operasional (Anjani & Ismiyah, 2025). K3 merupakan elemen penting dalam industri yang berhubungan langsung dengan kelangsungan operasional perusahaan dan perlindungan pekerjaan (Khotibul & Suseno, 2025). Studi menunjukkan bahwa penerapan K3 yang efektif dapat secara signifikan menurunkan angka kecelakaan kerja dan memperbaiki kinerja perusahaan. Salah satu pekerjaan berisiko tinggi adalah kegiatan pengelasan, yang melibatkan suhu ekstrem, paparan listrik, serta bahaya dari asap fume yang berbahaya. Pekerja

Naskah Masuk: 26 Agustus 2026; Revisi: 22 September 2026; Diterima: 15 Oktober 2026; Terbit: 31 Oktober 2026

las terpapar bahaya seperti luka bakar, asap beracun, dan sengatan listrik (Syarifudin et al., 2025). Permasalahan keselamatan kerja pada aktivitas pengelasan tidak hanya berasal dari proses terbentuknya percikan api dan material panas, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan kerja serta perilaku pekerja. (Erwin et al., 2025). Kegiatan pengelasan menggunakan metode HIRARC, pada lingkungan galangan kapal, kondisi kerja yang komples, area yang sempit, dan posisi kerja yang kurang ergonomis dapat meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan. (Nopian dkk., 2021). Pada sektor industri pembuatan, pemeliharaan, dan perbaikan kapal seperti PT XYZ, proses pengelasan berperan sangat penting. Kondisi kerja di galangan kapal umumnya kompleks karena melibatkan area sempit, beban kerja berat, dan risiko tinggi. Pada proses pekerjaan pengelasan di kapal menghadirkan berbagai potensi bahaya besar seperti luka bakar, kecelakaan akibat terpeleset, dan kontak dengan material panas (Sabilah & Daonil, 2023). Pengelasan pada kapal harus mendukung risiko signifikan akibat lingkungan kerja yang sempit dan rumit, di mana pekerja kerap berhadapan dengan bahaya terbakar dan paparan asap beracun (Marsudi, 2021) (Rusman, 2024). Selain itu, penggunaan Alat Pelinduung Diri (APD) yang tidak konsisten, sirkulasi udara yang kurang memadai, serta rendahnya kepatuhan terhadap prosedur keselamatan dapat memperbesar risiko kecelakaan.

Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu menggambarkan potensi bahaya sekaligus menentukan langkah pengendalian yang sesuai dengan kondisi pekerjaan (Nabila & Rindra, 2026). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode HIRARC telah digunakan untuk menganalisis risiko keselamatan kerja pada berbagai aktivitas industri. (Nopian et al., 2021). Kedua penelitian tersebut menjadi referensi dalam mengidentifikasi bahaya dan menilai tingkat risiko pada aktivitas kerja. Di sisi lain, menerapkan metode HIRADC dan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menganalisis bahaya dan risiko K3 pada industri kerupuk. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, diperlukan pembahasan yang secara khusus mengintegrasikan penilaian risiko pada aktivitas pengelasan manual di lingkungan galangan kapal dengan penelusuran akar penyebab dari bahaya yang memiliki tingkat risiko tertinggi. Dengan demikian, analisis tidak hanya berfokus pada tingkat risiko, tetapi juga pada faktor-faktor penyebab yang mendasari terjadinya kejadian berbahaya. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan metode HIRARC dan FTA untuk memperoleh analisis risiko yang lebih terarah pada aktivitas pengelasan manual. Metode HIRARC digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menentukan tingkat risiko berdasarkan nilai *likelihood* dan *severity*, serta merumuskan pengendalian risiko. Selanjutnya, FTA digunakan untuk menelusuri akar penyebab dari bahaya yang memiliki tingkat risiko tertinggi melalui

penguraian kegiatan utama menjadi faktor-faktor penyebab yang lebih mendasar. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan kedua metode tersebut secara berurutan pada aktivitas pengelasan manual di lingkungan galangan kapal. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi potensi bahaya pada aktivitas pengelasan manual di PT. XYZ; (2) menganalisis tingkat risiko keselamatan kerja menggunakan metode HIRARC; dan (3) menganalisis akar penyebab bahaya risiko tertinggi menggunakan metode FTA serta menyusun rekomendasi perbaikan. Kombinasi metode HIRARC dan FTA dipilih karena mampu memberikan analisis komprehensif mulai dari identifikasi, penilaian, pengendalian risiko, hingga penelusuran akar penyebab kecelakaan secara sistematis.

2. KAJIAN TEORITIS

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Menurut Vani et al., (2020) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan upaya untuk melindungi tenaga kerja dari risiko kecelakaan dan penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan, serta memastikan keselamatan, kesehatan, dan kesejahteraan mereka. Implementasi K3 bertujuan untuk membangun tempat kerja yang aman, melindungi pekerja, peralatan, dan lingkungan kerja, serta mendukung kelangsungan proses produksi. K3 di tempat kerja adalah upaya untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, tidak terpengaruh oleh berbagai populasi lingkungan (Widodo, 2023). Menurut Ramadhani dkk., (2024) K3 merupakan suatu program yang dibuat untuk menghindari terjadinya kecelakaan dan penyakit yang muncul akibat pekerjaan. Penerapan k3 bertujuan menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat serta mendukung kelancaran operasional perusahaan (Ajeng Afriza & Sinta Dewi, 2024). Pada aktivitas pengelasan, K3 diperlukan untuk mengendalikan bahaya seperti percikan api, serpihan logam panas, asap las, radiasi dan sengatan listrik.

Kecelakaan Kerja

Dampak yang harus diperhatikan dan dicegah adalah kecelakaan kerja (Sabrina dkk., 2022). Kecelakaan kerja merupakan kejadian yang tidak diharapkan dan dapat disebabkan oleh tindakan tidak aman maupun kondisi lingkungan kerja yang berbahaya. Oleh karena itu, undang-undang Nomor 1 tahun 1970 menjamin hak setiap pekerja untuk memperoleh perlindungan K3 guna menciptakan lingkungan kerja yang aman serta meningkatkan produktivitas (Ilmansyah dkk., 2020). Kecelakaan kerja di tempat kerja memiliki arti dipicu dua komponen utama, yaitu elemen fisik dan elemen manusia. Dengan demikian, kecelakaan di tempat kerja juga termasuk dalam aspek K3 (Mayandri & Inayah, 2023). Dalam aktivitas

pengelasan, kecelakaan kerja dapat terjadi ketika pekerja terkena percikan atau serpihan logam panas, terpapar asap lap, mengalami gangguan mata akibat radiasi pengelasan, atau menggunakan peralatan listrik dalam kondisi tidak aman. Risiko tersebut dapat meningkatkan apabila pekerja tidak menggunakan APD dengan benar, tidak mengikuti prosedur kerja, atau bekerja pada lingkungan yang memiliki pengendalian bahaya kurang memadai. Dengan demikian, identifikasi faktor penyebab dan penerapan tindakan pengendalian diperlukan untuk mencegah kecelakaan serupa.

Bahaya

Menurut Irfan & Indri, (2021) bahaya merunjuk kepada segala hal yang dapat berpotensi menimbulkan luka pada individu, merusak alat, atau lingkungan. Secara luas, bahaya dibagi ke dalam kategori bahaya fisik, kimia, biologi, dan ergonomi.

Risiko Kerja

Risiko kerja merupakan kecelakaan yang terjadi di tempat kerja yang muncul sebagai akibat dari atau saat melaksanakan tugas (Tonda dkk., 2025) Potensi terjadinya kecelakaan kerja kerap ditemukan di beragam lingkungan industri. Menurut Tanisri dkk., (2020) risiko merujuk pada peluang timbulnya ancaman atau kontak yang bisa menyebabkan luka atau masalah kesehatan dengan level keparahan tertentu.

Manajemen Risiko

Menurut Royyan (2023) Manajemen risiko merupakan serangkaian langkah untuk mengatur, mengontrol, dan memantau risiko dalam sebuah organisasi guna mengurangi efeknya serta membantu pencapaian sasaran organisasi. Manajemen risiko berfungsi untuk melindungi investasi dan memaksimalkan imbal hasil terkait risiko (Asir dkk., 2023).

***Hazard Identification, Risk Assessment, & Risk Control* (HIRARC)**

Menurut Laela (2026) HIRARC adalah sebuah pendekatan dalam sistem pengolahan K3 yang meliputi proses identifikasi potensi risiko yang sesuai dengan tingkat risikonya. HIRARC (Sari et al., 2022) dianggap sebagai komponen utama dalam sistem manajemen K3 yang berkaitan langsung dengan usaha untuk mencegah dan mengontrol bahaya (Ardiyansyah et al., 2024). Penerapan HIRARC terdiri dari atas tiga tahapan utama, yaitu: Hazard Identification (Identifikasi Bahaya), Tahap ini dilakukan untuk mengenali sumber bahaya pada setiap aktivitas pekerjaan. Pada pengelasan manual, identifikasi dilakukan terhadap bahaya yang muncul selama persiapan material, proses pengelasan, pekerjaan di ruang terbatas, serta pembersihan hasil las. *Risk Assessment* (Penilaian Risiko), Tahap ini bertujuan menentukan tingkat risiko berdasarkan *likelihood* dan *severity*. Hasil penilaian digunakan untuk

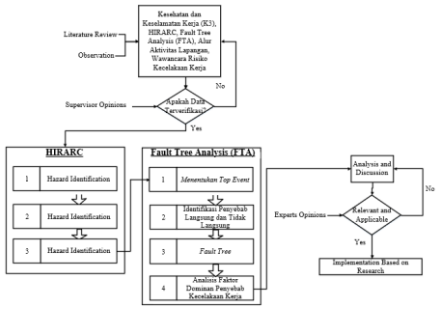
mengelompokkan risiko sesuai matriks yang di gunakan dan menentukan bahaya yang perlu diprioritaskan untuk pengendalian. *Risk Control* (Pengendalian Risiko), Tahap terakhir dilakukan untuk menentukan tindakan yang dapat menghilangkan bahaya atau mengurangi risiko hingga tingkat yang dapat diterima. Pengendalian ditetapkan berdasarkan hasil risiko dan mempertimbangkan sumber bahaya, kondisi kerja, serta penyebab yang ditemukan.

***Fault Tree Analysis* (FTA)**

Menurut Pamungkas (2023) *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan sebuah teknik yang bersifat grafis dan logis serta dilakukan top-down untuk mencari dan mengevaluasi alasan terjadinya peristiwa yang tidak diharapkan dengan cara memecahkannya menjadi penyebab-penyebab yang lebih mendasar. Metode FTA dirancang (Aulawi dkk., 2022) untuk menatapkan, mengenali, serta mengatasi masalah, kesalahan, kegagalan, dan hal-hal serupa yang sudah diketahui tentang sistem, desain, proses, dan layanan sebelum sampai ke tangan konsumen (Labib & Apsari, 2024). FTA memiliki beberapa unsur utama, yaitu: Top event, yaitu kejadian utama yang tidak diinginkan dan menjadi fokus analisis. Intermediate event, yaitu kejadian antara yang berkontribusi terhadap terjadinya kejadian utama. Basic event, yaitu kejadian atau faktor penyebab dasar yang menjadi bagian paling mendasar dalam struktur pohon kesalahan. Gebang logoka, yaitu simbol yang menggambarkan hubungan antara penyebab, terutama gerbang OR dan AND. *Hierarchy of Control* merupakan hierarki pengendalian yang digunakan untuk menentukan tindakan pengendalian bahaya berdasarkan tingkat efektivitasnya. Hierarki ini terdiri atas lima tingkatan, yaitu eliminasi, subtitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan APD. Pengendalian sebaiknya dipertimbangkan mulai dari tingkat yang paling efektif, yaitu eliminasi, sebelum mengandalkan tindakan pada tingkat yang lebih rendah. Hubungan HIRARC dan FTA Dalam Menentukan Prioritas Pengendalian Risiko, HIRARC dan FTA saling melengkapi dalam menentukan prioritas pengendalian risiko. HIRARC digunakan untuk mengidentifikasi bahaya dan menilai tingkat risiko berdasarkan nilai *likelihood* dan *severity*, sehingga bahaya dengan tingkat risiko tertinggi dapat diprioritaskan untuk ditangani, selanjutnya, FTA digunakan untuk menelusuri akar penyebab dari kejadian berisiko tersebut. Hasil analisis kedua metode menjadi dasar dalam menentukan tindakan pengendalian yang sesuai dengan menjadi dasar dalam menentukan tindakan pengendalian yang sesuai dengan tingkat risiko dan faktor penyebabnya. Dengan demikian, pengendalian risiko dapat dilakukan secara lebih terarah dan efektif.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-kuantitatif dengan menggabungkan dua metode analisis risiko yaitu HIRARC dan FTA. Objek penelitian adalah aktivitas pengelasan di PT XYZ, berlokasi di Pulau Karimun, Kepulauan Riau. Data dikumpulkan melalui data sumber: Data primer: observasi lapangan langsung pada area pengelasan kapal dan wawancara mendalam kepada pekerja pengelasan dan supervisor K3 menggunakan kuesioner berbasis kajian pustaka; (2) Data sekunder: dokumen historis perusahaan yang berkaitan dengan kecelakaan kerja dan prosedur K3 yang berlaku. Metode HIRARC diterapkan dalam tiga tahap: (a) *Hazard Identification* identifikasi potensi bahaya melalui observasi lapangan pada seluruh aktivitas pengelasan; (b) *Risk Assessment* penilaian risiko menggunakan rumus Risiko = *Likelihood* (L) × *Severity* (S) berdasarkan standar AS/NZS 4360:2004 dengan skala 1–5 untuk masing-masing dimensi; dan (c) *Risk Control* perancangan pengendalian risiko berdasarkan prinsip *Hierarchy of Control* (eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan APD). Metode FTA diterapkan secara deduktif (*top-down*) terhadap bahaya dengan level risiko *High* sebagai top event. Analisis FTA dilakukan dengan menelusuri faktor-faktor penyebab secara sistematis menggunakan gerbang logika OR dan AND hingga ditemukan basic events. Selanjutnya, rekomendasi perbaikan disusun menggunakan pendekatan 5W+1H (*What, Why, Where, When, Who, How*) untuk menghasilkan rencana tindakan yang sistematis dan terukur. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Perusahaan

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan, perbaikan, dan pemeliharaan kapal yang terletak di sebuah area industri maritim di Provinsi Kepulauan Riau. Posisi perusahaan yang strategis di rute pelayaran internasional memperkuat kegiatan

operasional serta layanan kepada sektor maritim dan industri kelautan. Dalam pelaksanaan bisnisnya PT. XYZ berkomitmen untuk menyajikan layanan berkualitas tinggi yang didukung oleh tenaga kerja yang ahli serta penerapan standar keselamatan dan mutu kerja yang baik.

Identifikasi Bahaya

Identifikasi potensi bahaya dilakukan melalui observasi lapangan pada seluruh aktivitas pengelasan kapal di PT. XYZ. Proses pengelasan terbagi ke dalam empat kelompok aktivitas utama: (1) persiapan dan pemotongan material las, (2) proses inti pengelasan, (3) pengelasan di ruang terbatas (confined space) pada lambung dan tangki kapal, serta (4) pembersihan dan finishing hasil las. Keempat kelompok tersebut, teridentifikasi sepuluh potensi bahaya sebagaimana ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Bahaya pada Proses Pengelasan.

No	Aktivitas Kerja	Potensi Bahaya	Risiko/Dampak
1	Persiapan & Pemotongan Material Las	Terkena serpihan logam/gram sisa potongan	Luka sayat pada tangan, mata iritasi parah
		Percikan api dari mesin gerinda potong	Luka bakar ringan, risiko kebakaran area kerja
		Mengangkat plat besi secara manual	Cedera otot punggung
2	Proses Inti Pengelasan (Manual Welding)	Terkena serpihan logam panas (slag terak las)	Luka bakar pada kulit, kerusakan kornea mata
		Percikan api las (spatter)	Luka bakar
		Paparan radiasi Sinar UV dan Infrared dari busur las	Mata perih (arc eye), kulit melepuh
		Menghirup asap/fume las secara terus-menerus	Gangguan pernapasan akut, risiko jangka panjang
3	Pengelasan di Ruang Terbatas (Confined Space)	Akumulasi gas beracun & kekurangan oksigen	Lemas, pingsan, potensi fatal
		Suhu lingkungan kerja yang panas & pengap	Dehidrasi berat, heat stroke
4	Pembersihan & Finishing Hasil Las	Memukul kerak las (slag) untuk membersihkan hasil lasan	Serpihan logam mengenai mata atau wajah pekerja

Berdasarkan Tabel 1, kegiatan pengelasan mengandung berbagai risiko yang dapat mengakibatkan cedera tubuh, masalah pernapasan, serta gangguan penglihatan. Temuan ini konsisten dengan penelitian (Suhardi & Zetli, 2022) pada PT XYZ yang menemukan bahwa aktivitas pengelasan di galangan kapal mengandung potensi bahaya majemuk yang saling berinteraksi antara faktor fisik, kimia, dan ergonomis.

Penilaian Risiko (Risk Assessment)

Penilaian risiko dilakukan dengan mengalikan nilai *Likelihood* (L) dan *Severity* (S) menggunakan standar AS/NZS 4360:2004, menghasilkan skor risiko yang dipetakan ke dalam *Risk Matrix*. Hasil penilaian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penilaian Risiko Bahaya pada Proses Pengelasan.

No	Potensi Bahaya	L	S	Skor	Level Risiko
1	Terkena serpihan logam/gram sisa potongan	4	3	12	*Moderate*
2	Percikan api dari mesin gerinda potong	3	2	6	*Low to Moderate*
3	Mengangkat plat besi secara manual	3	3	9	*Moderate*
4	Terkena serpihan logam panas (slag terak las)	5	4	20	*High*
5	Percikan api las (spatter)	5	3	15	*Moderate to High*
6	Paparan radiasi Sinar UV dan Infrared dari busur las	4	3	12	*Moderate*
7	Menghirup asap/fume las secara terus-menerus	4	3	12	*Moderate*
8	Akumulasi gas beracun & kekurangan oksigen	2	4	8	*Moderate to High*
9	Suhu lingkungan kerja yang panas & pengap	4	2	8	*Low to Moderate*
10	Memukul kerak las (slag) untuk membersihkan hasil lasan	4	3	12	*Moderate*

Berdasarkan Tabel 2, dari sepuluh potensi bahaya yang dinilai, distribusi level risiko adalah: 1 bahaya kategori *High* (skor 20), 2 bahaya kategori *Moderate to High* (skor 8 dan 15), 5 bahaya kategori *Moderate* (skor 9–12), dan 2 bahaya kategori *Low to Moderate* (skor 6 dan 8). Bahaya dengan skor tertinggi adalah terkena serpihan logam panas (slag terak las) dengan *Likelihood* = 5 (*Almost Certain*) dan *Severity* = 4 (*Major*), menghasilkan skor risiko 20 yang masuk kategori *High*. Nilai *Likelihood* = 5 ditetapkan karena aktivitas pengelasan manual dengan elektroda SMAW selalu menghasilkan lontaran slag setiap sesi pengelasan berlangsung tanpa kecuali. Nilai *Severity* = 4 ditetapkan karena dampak dari terkena slag pada mata tanpa pelindung dapat menyebabkan kerusakan kornea permanen yang berujung pada kecacatan fungsi penglihatan tetap, berdasarkan observasi bahwa masih terdapat pekerja yang tidak konsisten menggunakan *welding helmet* karena ketidaknyamanan di lingkungan bersuhu tinggi.

Pengendalian Risiko *(Risk Control)*

Pengendalian risiko dirancang berdasarkan prinsip Hierarchy of Control, dengan mendahulukan intervensi struktural dan sistemik. Tabel 3 menyajikan rekomendasi pengendalian untuk seluruh potensi bahaya yang teridentifikasi.

Tabel 3. Pengendalian Risiko pada Proses Pengelasan.

No	Potensi Bahaya	Level Risiko	Pengendalian Risiko
1	Terkena serpihan logam/gram sisa potongan	Moderate	Sarung tangan & safety goggles; inspeksi alat sebelum digunakan
2	Percikan api dari mesin gerinda potong	Low to Moderate	Face shield & pakaian tahan percikan; menyingkirkan material mudah terbakar
3	Mengangkat plat besi secara manual	Moderate	Alat bantu angkat (hoist/crane); teknik pengangkatan benar
4	Terkena serpihan logam panas (slag terak las)	High	Welding helmet, sarung tangan tahan panas, apron las, safety shoes; welding curtain
5	Percikan api las (spatter)	Moderate to High	Welding curtain; APD lengkap; pemeriksaan area dari material mudah terbakar
6	Paparan radiasi Sinar UV dan Infrared dari busur las	Moderate	Helm las filter lens shade 10-12; pakaian lengan panjang

7	Menghirup asap/fume las secara terus-menerus	Moderate		Ventilasi/exhaust fan; respirator khusus; pemantauan kualitas udara berkala
8	Akumulasi gas beracun & kekurangan oksigen	Moderate to High		Gas detector sebelum masuk; confined space entry permit; standby man; SCBA
9	Suhu lingkungan kerja yang panas & pengap	Low to Moderate		Waktu istirahat cukup; air minum tersedia; sirkulasi udara ditingkatkan
10	Memukul kerak las (slag) untuk membersihkan hasil lasan	Moderate		Safety goggles & face shield; posisi kerja aman; arah serpihan dijaga

Pengendalian difokuskan pada bahaya kategori High dan Moderate to High, yang mencakup bahaya serpihan logam panas, percikan api las, serta akumulasi gas beracun di ruang terbatas. Pendekatan layered control diterapkan dengan mengkombinasikan rekayasa teknik (welding curtain, fume extraction, gas detector), pengendalian administratif (permit-to-work, safety briefing, inspeksi APD), dan APD lengkap (welding helmet, sarung tangan tahan panas, apron las).

***Fault Tree Analysis* (FTA)**

Berdasarkan hasil HIRARC, bahaya terkena serpihan logam panas (slag terak las) ditetapkan sebagai top event FTA karena memiliki skor risiko tertinggi (20, kategori High). Analisis FTA dilakukan secara deduktif (*top-down*) untuk mengidentifikasi kombinasi penyebab yang dapat memicu top event tersebut. Diagram FTA menunjukkan bahwa *top event* dapat terjadi apabila salah satu atau lebih dari tiga faktor utama berlangsung, dihubungkan melalui gerbang logika OR: Kegagalan Penggunaan APD mencakup tiga basic event yang terhubung melalui OR gate: (A1) pekerja tidak menggunakan *welding helmet*; (A2) pekerja tidak menggunakan sarung tangan tahan panas; dan (A3) APD dalam kondisi rusak atau tidak layak pakai. Basic event A1 merupakan penyebab langsung paling kritis karena *welding helmet* adalah satu-satunya alat pelindung yang secara fisik memisahkan wajah dan mata dari lintasan slag. Ketidakpatuhan penggunaan helmet terjadi terutama pada pekerjaan las durasi pendek yang dianggap tidak memerlukan persiapan APD lengkap, pada lingkungan bersuhu tinggi yang menyebabkan ketidaknyamanan, dan akibat keterbatasan jumlah helmet yang harus digilir. Basic *event* A3 menciptakan *false sense of security* yakni pekerja merasa terlindungi padahal perlindungan APD sudah tidak memadai. Kondisi Kerja Tidak Aman mencakup: (B1) area kerja sempit dan terbatas gerakannya; (B2) tidak tersedianya welding curtain; dan (B3) posisi kerja tidak ergonomis. Ruang sempit pada lambung kapal membatasi kemampuan pekerja menghindar dari slag yang terlontar. Ketiadaan welding curtain menyebabkan slag dapat mengenai pekerja di luar zona pengelasan. Posisi kerja overhead welding membuat slag langsung jatuh ke arah wajah pekerja akibat gravitasi. Faktor Manusia (Human Error) mencakup: (C1) rendahnya pemahaman dan kepatuhan terhadap SOP pengelasan; (C2)

kurangnya konsentrasi saat bekerja; dan (C3) kecenderungan tergesa-gesa menyelesaikan pekerjaan demi target produksi. Basic event C3 mencerminkan tekanan sistemik dari budaya kerja yang mengutamakan kecepatan produksi di atas keselamatan, menciptakan normalization of deviance yang paling berbahaya karena bersifat kultural. Karena seluruh intermediate event dihubungkan dengan OR gate, setiap *basic event* secara *individual* membentuk satu minimal cut set tersendiri. Ini berarti top event dapat terjadi hanya karena satu basic event. *Basic event* yang paling mudah dikendalikan dan memberikan dampak penurunan risiko terbesar adalah A1 (tidak menggunakan *welding helmet*) karena pengendaliannya sederhana, tidak membutuhkan biaya besar, dan dapat dipantau secara visual oleh *supervisor*.

Rekomendasi Perbaikan (5W+1H)

Berdasarkan hasil analisis FTA, disusun rekomendasi perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekomendasi Perbaikan dengan Pendekatan 5W+1H.

Faktor Penyebab	What	Why	Where	When	Who	How
Tidak menggunakan welding helmet (A1)	Meningkatkan kepatuhan APD	Melindungi mata dan wajah dari slag	Area pengelasan	Sebelum & selama pengelasan	Welder & Supervisor K3	Inspeksi APD sebelum bekerja dan pengawasan rutin
APD rusak atau tidak layak (A3)	Program pemeriksaan APD berkala	Memastikan APD berfungsi optimal	Gudang APD & area kerja	Tiap awal shift & bulanan	Supervisor & petugas K3	Checklist inspeksi; ganti APD rusak
Area kerja sempit (B1)	Penataan ulang area kerja	Memberikan ruang gerak aman	Area pengelasan	Sebelum pekerjaan dimulai	Supervisor Produksi	Tata material agar tidak halangi pergerakan
Tidak terdapat welding curtain (B2)	Pemasangan welding curtain	Kurangi penyebaran slag	Area pengelasan	Sebelum pekerjaan	Perusahaan & Supervisor	Pasang tirai las di setiap stasiun pengelasan
Kurang memahami SOP (C1)	Pelatihan keselamatan kerja	Tingkatkan pemahaman prosedur aman	Ruang pelatihan & area kerja	Berkala setiap 6 bulan	Departemen K3	Pelatihan dan evaluasi pemahaman SOP
Tergesa-gesa menyelesaikan pekerjaan (C3)	Pengawasan kepatuhan SOP	Cegah pengabaian prosedur keselamatan	Area pengelasan	Selama pekerjaan berlangsung	Supervisor K3	Pengawasan ketat; teguran bila ada pelanggaran

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode HIRARC dan FTA pada aktivitas pengelasan manual di PT. XYZ, dapat ditarik tiga kesimpulan utama: Pertama, dari hasil identifikasi bahaya ditemukan sepuluh potensi bahaya pada empat kelompok aktivitas pengelasan yang mencakup aspek fisik, kimia, dan ergonomis. Bahaya-bahaya tersebut meliputi paparan serpihan logam, percikan api, radiasi UV/IR, asap fume las, gas beracun di ruang terbatas, suhu ekstrem, dan cedera ergonomis akibat pengangkatan manual. Kedua, hasil penilaian HIRARC menunjukkan terdapat 1 potensi bahaya kategori *High,* 2 kategori *Moderate to High*, dan 2 kategori *Low to Moderate*. Risiko tertinggi adalah pekerja terkena serpihan logam panas (slag) dengan skor 20 (L = 5 dan S = 4). Oleh karena itu, bahaya tersebut menjadi prioritas utama dalam pengendalian risiko. Ketiga, hasil analisis FTA terhadap *top event* (pekerja terkena slag) mengungkapkan bahwa kejadian ini dapat dipicu oleh tiga faktor utama yang independen: kegagalan penggunaan APD, kondisi kerja tidak aman, dan faktor manusia (*human error*), seluruhnya terhubung melalui *OR gate*. Rekomendasi perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H mencakup penegakan kepatuhan APD, pemasangan *welding curtain*, penerapan *confined space entry permit*, pelaksanaan pelatihan K3 berkala, dan pengawasan ketat terhadap kepatuhan SOP. Implementasi langkah-langkah ini diharapkan dapat menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja pada aktivitas pengelasan ke level yang dapat diterima (*tolerable*). Keempat penggabungan HIRARC dan FTA membantu menentukan prioritas pengendalian berdasarkan tingkat risiko dan akar penyebab kejadian. HIRARC menentukan bahaya yang perlu diprioritaskan, sedangkan FTA membantu mengidentifikasi faktor penyebab sehingga tindakan pengendalian dapat disusun secara lebih terarah. Evaluasi efektif pengendalian perlu dilakukan setelah rekomendasi diterapkan melalui inspeksi rutin, pemantauan kepatuhan penggunaan APD, pencatatan kejadian dan kondisi hampir celaka (*near miss*), serta penilaian ulang risiko menggunakan HIRARC. Hasil evaluasi dapat digunakan untuk mengetahui apakah tingkat risiko telah menurun dan apakah diperlukan tindakan perbaikan tambahan. Keterbatasan penelitian ini terletak pada ruang lingkup yang hanya berfokus pada aktivitas pengelasan manual dan analisis FTA pada satu kerjaan utama, yaitu pekerja terkena *slag*. Selain itu, penelitian berfokus pada identifikasi, penilaian, dan usulan pengendalian sehingga efektivitas tindakan pengendalian setelah diterapkan belum dapat dipastikan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan mencangkup bahaya lain dengan tingkat risiko tinggi serta mengevaluasi hasil penerapan pengendalian dalam priode tertentu.

DAFTAR REFERENSI

Ajeng, A., & Dewi, S. (2024). Analisis risiko kesehatan dan keselamatan kerja pada area proses PT. XYZ menggunakan metode HIRARC. Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika, 2(1), 67–77. https://doi.org/10.61132/jupiter.v2i1.54

Anjani, S., & Ismiyah, E. (2025). Analisis keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menggunakan metode Job Safety Analysis (JSA) dan Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control (HIRARC) di bengkel fabrikasi PT ABC. Journal of Information Technology and Computer Science, 8, 1541–1547. https://doi.org/10.31539/022fz487

Ardiyansyah, B., Lazuardy, A., & Nurdini, A. (2024). Pengunaan metode HIRARC dalam menganalisis risiko K3 pada bagian pengemasan. Jurnal Teknik dan Science, 3(2), 94–106. https://doi.org/10.56127/jts.v3i2.1549

Asir, M., Yuniawati, R., Mere, K., Sukardi, K., & Anwar, M. (2023). Peran manajemen risiko dalam meningkatkan kinerja perusahaan: Studi manajemen sumber daya manusia. Entrepreneurship Bisnis Manajemen Akuntansi (E-BISMA), 4(1), 32–42. https://doi.org/10.37631/ebisma.v4i1.844

Aulawi, H., Kurniawan, W., & Sopian. (2022). Analisis risiko kegagalan proses produksi dodol menggunakan metode FTA, FMEA dan AHP. Jurnal Kalibrasi, 20(2), 102–112. https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.20-2.1154

Erwin, A., Alvina, T., & Manaseh. (2025). Analisis risiko pekerjaan pengelasan pada workshop PT. Weir Minerals Indonesia di Balikpapan. Jurnal Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lindungan Lingkungan, 11(3), 797–803. https://doi.org/10.36277/identifikasi.v11i3.790

Ilmansyah, Y., Mahbubah, N. A., & Widyaningrum, D. (2020). Penerapan Job Safety Analysis sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan perbaikan keselamatan kerja di PT Shell Indonesia. Profisiensi, 8(1), 15–22. https://doi.org/10.33373/profis.v8i1.2521

Irfan, M., & Indri, S. (2021). Analisis manajemen risiko K3 dalam industri manufaktur Indonesia: Literature review. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 5(April), 335–343. https://doi.org/10.31004/prepotif.v5i1.1635

Khotibul, U., & Suseno, S. (2025). Analisis K3 pada pekerja bagian proses fabrikasi plate tangki dengan metode HIRARC di PT. XYZ. Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika, 4(1), 152–161. https://doi.org/10.55606/jtmei.v4i1.4797

Labib, D., & Apsari, A. E. (2024). Analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menggunakan metode Failure Metode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi, 2(1), 45–64. https://doi.org/10.59024/jisi.v2i1.599

Laela, N. (2026). Identifikasi potensi bahaya dalam aktivitas pemeliharaan listrik dengan metode HIRARC & FTA pada PLN ULP Ajibarang. Jurnal Ilmiah Research Student (JIRS), 3(1), 374–385.

Marsudi, S. (2021). Analisa cacat pengelasan dengan menggunakan teknik pengelasan down hand pada pelat lambung (hull) kapal. Zona Laut: Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan, 2(1), 30–34. https://doi.org/10.62012/zl.v2i1.13572

Mayandri, W., & Inayah, Z. (2023). Faktor dominan yang mempengaruhi kecelakaan kerja terhadap kejadian. 9(June), 608–616.

Nabila, H., & Rindra, Y. (2026). Analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada mesin CNC laser cutting dan las SMAW menggunakan metode HIRARC dan JSA di Sentra IKM Logam Kota Semarang. Jurnal Terapan Teknik Industri, 7, 141–152. https://doi.org/10.37373/jenius.v7i1.2043

Nopian, A., Yulianto, B., & Makomulamin. (2021). Analisis risiko kecelakaan kerja dengan metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) pada kegiatan pengelasan di PT. Kunango Jantan tahun 2020 Astri. Media Kesmas (Public Health Media), 1, 935–948. https://doi.org/10.25311/kesmas.Vol1.Iss3.184

Pamungkas, L., Irawan, H., Basuki, M., Ridha, A., Adib, Syahputra, R., & Fajar, W. (2023). Metode analisis risiko kerusakan mesin produksi di Indonesia: Literature review. Jurnal INVASI: Industri dan Inovasi, 1(1), 1–11.

Ramadhani, N., Nasrul, Syaifuddin, D., Maharani, S., & Putera, A. (2024). Analisis mediasi kepuasan kerja pada pengaruh kesehatan kerja, keselamatan kerja, dan lingkungan kerja terhadap kinerja karyawan. Jurnal HOMANIS: Halu Oleo Manajemen dan Bisnis, 1(1), 14–31. https://doi.org/10.55598/homanis.v1i1.3

Royyan, A. (2023). Konsep manajemen risiko. Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi dan Keuangan Syariah (JUPIEKES), 1(3), 130–137. https://doi.org/10.59059/jupiekes.v1i3.322

Rusman, R., & Rusman, R. (2024). Model perencanaan prosedur dan penilaian keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada perbaikan kapal di dok. Kalao's Maritime Journal, 2(2).

Sabilah, A. I., & Daonil, D. (2023). Analisis beban kerja karyawan dan kenutuhan karyawan pada divisi pengelasan di PT TI. Blend Sains Jurnal Teknik, 1(3), 251–258. https://doi.org/10.56211/blendsains.v1i3.207

Sabrina, N., Sifa, N., & Rida, O. (2022). Pentingnya memahami bahaya bahan kimia serta hubungannya dengan kesehatan dan keselamatan kerja di laboratorium. Jurnal Analis Laboratorium Medik, 7(1), 15–22. https://doi.org/10.51544/jalm.v7i1.2430

Sari, K., Chairi, M., & Helin, R. (2022). Jurnal Rivet (Riset dan Invensi Teknologi): Analisis risiko K3 pada proyek gedung RSUD Pasaman. Jurnal Rivet (Riset dan Invensi Teknologi), 2(1), 25–31. https://doi.org/10.47233/rivet.v2i01.491

Suhardi, F., & Zetli, S. (2022). Analisis resiko keselamatan kesehatan kerja dengan metode HIRARC pada PT. Sumber Marine Shipyard. Jurnal Comasie, 6(2), 40–51.

Tanisri, R., Kharisno, & Siregar, D. (2020). Pengendalian bahaya dan risiko K3 menggunakan metode HIRADC dan FTA pada industri kerupuk. Journal of Industrial and Engineering System (JIES), 3(2), 128–139. https://doi.org/10.31599/32bc5z97

Tonda dkk. (2025). Hubungan posisi kerja, lama kerja, dan beban kerja dengan keluhan. Journal of Health Science Leksia (JHSL), 3(3).

Vani, W., Eloh, B., & Ali, I. (2020). Dampak kesehatan dan keselamatan kerja, beban kerja, dan lingkungan kerja fisik terhadap kinerja karyawan. Jurnal Manajemen Bisnis, 7(1), 40–50. https://doi.org/10.33096/jmb.v7i1.532

Widodo, D. S. (2023). Determinasi pelatihan, keselamatan dan kesehatan kerja (K3) terhadap kepuasan kerja. Ilmu Multidisiplin, 1(4), 956–962. https://doi.org/10.38035/jim.v1i4.177