

Analisa Penerapan Manajemen Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Hirarc (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) dan FTA (Fault Tree Analysis)

Muhammad Rizal Syaifudin¹⁾, Wiwik Sulistiyowati ^{*,2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: wiwik@umsida.com

Abstract. This research is motivated by increasing work accidents at PT XYZ's transit warehouse, which has seen a sharp increase from 4 incidents in 2019 to 13 incidents in 2022. The dominant incidents have been fires or electric shocks, being hit by forklifts, and hot splashes from melted plastic bottles. To overcome this problem, a combined approach of HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control) and Fault Tree Analysis (FTA) is employed to identify potential hazards, assess the level of risk, and formulate effective control measures. The identification results revealed one high level risk (fire/electric shock) and two moderate levels (being hit by a forklift and splashing heat). At the same time, the FTA analysis showed that the failure came from a combination of human factors (unalert operator, unaware workers of danger), equipment (open wires, unmaintained forklift, inaccurate temperature sensor), and environment (humid area, no zoning, high charging temperature). The designed control strategy includes engineering engineering such as IP67 cable replacement, forklift reverse sensor, and automatic temperature sensor; administrative actions in the form of routine training, periodic inspections, and lock-outs/tag-outs; and the implementation of complete PPE has succeeded in reducing the risk score of electrical fires from 10 to low, reducing the risk of forklifts through lane zoning, and preventing heat splashes with the use of special hot-filled bottles. Thus, the integration of HIRARC and FTA has proven to be effective in sustainably reducing work accidents at PT XYZ.

Keywords - Manajemen Risiko; Metode HIRARC; Fault Tree Analysis

Abstrak. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh peningkatan kecelakaan kerja di gudang transit PT XYZ yang meningkat tajam dari 4 kejadian pada tahun 2019 menjadi 13 kejadian pada tahun 2022, dengan insiden dominan berupa kebakaran atau sengatan listrik, tertimpa *forklift*, dan cipratan panas dari botol plastik meleleh. Untuk menanggulangi masalah tersebut, digunakan pendekatan gabungan HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) tujuannya mengetahui identifikasi bahaya, analisis risiko, dan pengendalian risiko pada proses kerja gudang transit PT XYZ. Hasil identifikasi mengungkapkan satu risiko level *high* (kebakaran/sengatan listrik) dan dua level moderate (tertimpa *forklift* dan cipratan panas), sedangkan analisis FTA menunjukkan bahwa kegagalan berasal dari kombinasi faktor manusia (operator tidak waspada, pekerja tidak sadar bahaya), peralatan (kabel terbuka, *forklift* tidak terawat, sensor suhu tidak akurat), dan lingkungan (area lembap, tidak ada *zonasi*, suhu pengisian tinggi). Strategi pengendalian yang dirancang meliputi rekayasa teknik seperti penggantian kabel IP67, sensor mundur *forklift*, dan sensor suhu otomatis; tindakan administratif berupa pelatihan rutin, *inspeksi* berkala, serta *lock-out* atau *tag-out*; dan penerapan APD lengkap berhasil menurunkan *risk score* kebakaran listrik dari 10 menjadi *low*, menekan risiko *forklift* melalui *zonasi* jalur, serta mencegah cipratan panas dengan penggunaan botol khusus *hot-fill*. Dengan demikian, integrasi HIRARC dan FTA terbukti *efektif* menekan kecelakaan kerja secara berkelanjutan di PT XYZ.

Kata Kunci – Manajemen Risiko; Metode HIRARC; Fault Tree Analysis

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Manajemen Risiko didefinisikan sebagai proses, mengidentifikasi, mengukur dan memastikan risiko serta mengembangkan strategi untuk mengelola risiko tersebut. Dalam hal ini manajemen risiko akan melibatkan proses-proses, metode, dan teknik yang membantu manajer proyek memaksimalkan *probabilitas* dan *konsekuensi* dari event positif dan minimasi *probabilitas* dan *konsekuensi* event yang berlawanan [1]. Manajemen risiko adalah metode yang tersusun secara logis dan sistematis [2]. Kecelakaan kerja merupakan salah satu yang berkaitan erat dengan K3. *Confined Space* adalah ruangan yang cukup luas dan memiliki konfigurasi sedemikian rupa sehingga pekerja dapat masuk dan melakukan pekerjaan di dalamnya. Ruangan tersebut mempunyai akses keluar masuk yang terbatas dan tidak dirancang untuk tempat kerja secara berkelanjutan atau terus-menerus [3].

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan mengenai identifikasi bahaya yang diperoleh [4], data kecelakaan kerja dari tahun 2019 terdapat 4 insiden dengan rata-rata jenis kecelakaan yaitu terjepit mesin conveyor dan pekerja tertimpa material produksi dengan persentase sebanyak 12,5%. Selanjutnya, pada tahun 2020 terdapat 10 insiden dengan rata-rata jenis kecelakaan yaitu telapak tangan yang melepuh, cedera otot, kaki tertimpa material produksi. Selama periode 2020–2022 terjadi fluktuasi jumlah kecelakaan kerja di perusahaan. Pada tahun 2020 tercatat 10 insiden, di mana penyebab terbanyak (31,3 persen) adalah pekerja tertimpa oleh bahan yang dibawa forklift. Jumlah insiden menurun menjadi lima kasus di tahun 2021, Selama periode observasi, rata-rata kejadian didominasi oleh jari terjepit mesin, cipratan minyak panas, dan kaki tertindih forklift, yang secara kumulatif menyumbang 15,6 % dari total insiden. Pada tahun 2022, frekuensi meningkat tajam menjadi 13 insiden, dengan empat mekanisme utama luka bakar saat perbaikan mesin, benturan keras terhadap komponen, luka sayat pada telapak tangan akibat cutting part, dan tersandung kabel selama aktivitas maintenancemencakup 40,6 % dari seluruh kejadian. Hasil investigasi menunjukkan bahwa faktor dominan berupa pelanggaran terhadap prosedur K3, meliputi rendahnya kewaspadaan, penggunaan APD yang tidak lengkap, serta sepatu keselamatan yang tidak memenuhi standar, konsentrasi yang terpecah saat menjalankan tugas, serta pengabaian terhadap Standar Operasional Prosedur yang berlaku.

Metode ini memiliki komponen fundamental dalam kerangka Sistem (SMK3) berbasis OHSAS 18001. Metode ini secara langsung berperan menentukan efektivitas upaya pencegahan kecelakaan maupun penyakit akibat kerja, karena menuntut organisasi untuk secara sistematis mengenali semua bahaya yang ada, menilai tingkat risikonya berdasarkan kemungkinan terjadinya dan dampak yang ditimbulkan, kemudian merancang serta menerapkan langkah pengendalian yang proporsional mulai dari penghilangan bahaya secara total, substitusi dengan bahaya lebih rendah, pengendalian teknik dan administratif, hingga penggunaan alat pelindung diri sehingga risiko dapat ditekan hingga di bawah ambang batas yang dapat diterima [5]. Dalam penelitian ini, tahap awal untuk menemukan potensi bahaya dilakukan dengan menerapkan pendekatan HIRARC. Metode tersebut digunakan untuk mengevaluasi tingkat risiko pada setiap jenis pekerjaan secara sistematis, sehingga dapat ditentukan langkah pengendalian yang sesuai [6].

Fault Tree Analysis (FTA), yang dikenal pula sebagai analisis “pohon kegagalan”, pertama kali diperkenalkan pada tahun 1961 oleh *US Army* dalam proyek perancangan peluru kendali. Teknik ini memulai analisisnya dari suatu kejadian puncak seperti kebakaran yang dianggap sebagai hasil akhir yang tidak diinginkan. Selanjutnya, penyebab-penyebab yang berpotensi menimbulkan kejadian puncak tersebut diidentifikasi secara berurutan dan disusun dalam struktur logika berbentuk pohon yang menjulur ke bawah, sehingga memetakan jelas rantai kegagalan dari akar hingga puncak [7]. Sedangkan metode yang lain ialah metode analitik grafis yang memetakan secara sistematis susunan berbagai kesalahan atau kegagalan komponen yang, bila terjadi secara bersamaan atau berurutan, dapat menyebabkan kegagalan keseluruhan suatu sistem [8]. Metode HIRARC dipilih karena menyediakan kerangka standar yang jelas untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko melalui matriks likelihood, severity, serta merumuskan kontrol prioritas secara praktis. Sementara itu, FTA digunakan untuk menelusuri akar penyebab kecelakaan secara logis berbasis pohon kesalahan, sehingga memungkinkan peneliti menemukan kombinasi tepat antara faktor manusia, peralatan, dan lingkungan yang menyebabkan kejadian puncak. Integrasi keduanya memastikan bahwa risiko tidak hanya terukur, tetapi juga tuntas solusinya. Tujuan penelitian ini adalah Mengetahui identifikasi bahaya, Analisa resiko, pengendalian **risiko**, dan akar masalah dengan Metode HIRARC serta Untuk mengetahui akar permasalahan nilai risiko tertinggi.

II. METODE

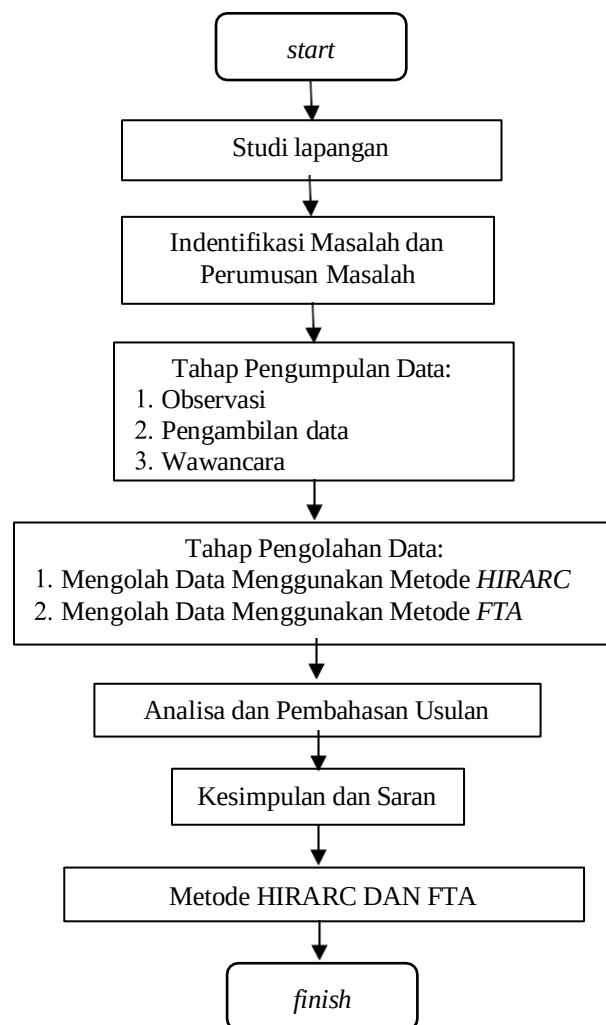
3.1 Metode HIRARC (*Identification, Risk Assessment & Risk Control*).

Penelitian dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan juni 2024 sampai bulan novemeber 2024. Lokasi penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang bergerak dibidang produksi minuman. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara di beberapa pihak untuk mendapatkan gambaran umum mengenai proses manajemen resiko, observasi langsung ke perusahaan dengan memperhatikan proses kerja dan melihat beberapa resiko yang mungkin menimbulkan kecelakaan kerja.

Metode HIRARC memulai prosesnya dari *Hazard Identification*, yaitu kegiatan sistematis untuk mengenali dan mendata seluruh potensi bahaya yang mungkin timbul dari alat, bahan kimia, proses kerja, atau sistem yang sedang beroperasi, sehingga menjadi dasar untuk penilaian risiko dan penetapan langkah pengendalian selanjutnya. [9]. HIRARC merupakan pendekatan sistematis yang diawali dengan menetapkan ruang lingkup setiap jenis kegiatan kerja. Setelah itu, seluruh sumber bahaya yang melekat pada setiap kegiatan diidentifikasi untuk membangun profil risiko yang komprehensif. Hasil identifikasi dievaluasi melalui penilaian risiko guna menentukan tingkat keparahan dan *probabilitas* kejadian bahaya. Langkah akhirnya adalah merumuskan tindakan pengendalian yang tepat guna meminimalkan paparan bahaya terhadap pekerja seoptimal mungkin [10],[11]. Dalam menyusun metode ini ada 3 langkah, yaitu [12]:

1. Langkah pertama: mengidentifikasi seluruh potensi bahaya (*Hazard Identification*).
2. Langkah kedua: menilai tingkat risiko yang ditimbulkan oleh setiap bahaya yang telah teridentifikasi (*Risk Assessment*).
3. Tahap ketiga: menetapkan serta mengimplementasikan strategi pengendalian guna menurunkan risiko ke tingkat yang dapat diterima (*risk control*).

Identifikasi bahaya merupakan proses sistematis untuk menentukan sumber-sumber potensial bahaya pada setiap kegiatan kerja. Untuk memudahkan prosesnya, terlebih dahulu dilakukan pengelompokan jenis pekerjaan. Identifikasi bahaya dilaksanakan dengan cara observasi lapangan dan wawancara langsung kepada pekerja, guna mengetahui setiap titik bahaya pada tiap langkah kerja. Setelah semua bahaya teridentifikasi, tahap berikutnya adalah penilaian risiko [13]. Berikut diagram alir yang menggambarkan langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Berdasarkan *Flowchart* penelitian Langkah berikutnya adalah penilaian risiko, yang bertujuan menentukan besarnya risiko dan tingkat bahayanya dengan cara mengevaluasi kemungkinan terjadinya suatu kejadian (*likelihood*) serta dampak yang ditimbulkannya (*severity*). Berikut tabel penilaian risiko [14]:

Tabel 1. Spesifikasi bahaya berdasarkan risiko

Level	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Insignificant</i>	Seluruh personel aman, dampak finansial minimal.
24	<i>Low</i>	Hanya timbul luka-luka ringan, kerugian keuangan masih terbatas.
3	<i>Moderate</i>	Ada korban luka sedang yang wajib ditangani medis, beban biaya cukup tinggi.
4	<i>High</i>	Ada korban luka sedang yang wajib ditangani medis, beban biaya cukup tinggi.
5	<i>Catastrophic</i>	Sedikitnya satu orang mengalami cedera berat, kerugian finansial signifikan, serta operasional terganggu. Sedikitnya satu korban jiwa, kerugian sangat besar, dampak menyebar luas, dan seluruh kegiatan harus dihentikan.

Berdasarkan likelihood. Dapat dilihat pada tabel 2 yang ada dibawah ini [14]:

Tabel 2. Spesifikasi bahaya berdasarkan *likelihood*

Level	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Almost</i>	Terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap shift 2
2	<i>Likely</i>	Terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap hari 3
3	<i>certain Moderate</i>	≥ 1 kejadian dalam setiap minggu 4
4	<i>Unlikely Terdapat</i>	Terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap bulan 5
5	<i>Rare</i>	Terdapat ≥ 1 kejadian dalam setahun atau lebih

Pengendalian risiko merupakan langkah akhir yang bertujuan menekan tingkat keparahan potensi bahaya yang telah teridentifikasi. Upaya pengendalian dapat dilakukan melalui lima pendekatan utama, yakni eliminasi, substitusi, rekayasa perancangan, tindakan administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD).

2. Metode FTA (*Fault Tree Analysis*).

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah untuk penilaian risiko dilakukan menggunakan analisis secara semi kuantitatif yaitu skala kualitatif telah digambarkan dengan angka numerik dengan tujuan untuk memberikan skala tetapi tidak seperti analisis kuantitatif. Perhitungan risiko pada analisis semikuantitatif yang menjelaskan bahwa nilai dari suatu risiko ditentukan oleh nilai dampak (*serevity*) dan kemungkinan (*probability*) :

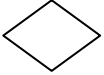
1. Dampak (*serevity*), merupakan dampak yang paling mungkin untuk terjadi dari suatu potensi kecelakaan, termasuk cedera kerusakan properti.
2. Kemungkinan (*probability*), merupakan peluang terjadinya suatu kecelakaan.

Pengertian lain mengenai *Fault Tree Analysis* (FTA), atau diagram pohon kesalahan, dirancang untuk menelusuri akar penyebab kegagalan produk baik karena faktor manusia, material, lingkungan, maupun aspek operasional lainnya. Metode ini menguraikan kejadian yang tidak diinginkan selama proses menjadi struktur hierarkis yang menggunakan dua kelompok simbol utama: gerbang kejadian (*event gates*) dan gerbang logika (*logic gates*). Setelah penyebab cacat teridentifikasi, disusun rekomendasi perbaikan yang langsung ditujukan untuk mencegah kegagalan serupa, sehingga meminimalkan jumlah produk rusak di masa depan [15].

Metode merupakan model grafis yang diterapkan sebagai pendekatan analisis yang bersifat *top down* yang dimaksud dengan awalan asumsi kegagalan dari *top event* yang selanjutnya dirinci hingga sampai pada kegagalan

yang mendasar atau disebut dengan *root cause* [16]. Adapun simbol yang digunakan dalam analisis FTA sebagai berikut [16]:

Tabel 3. Simbol dalam Analisis FTA.

Simbol	Arti
	<i>Basic event, dasar inisiasi, kesalahan.</i>
	<i>Conditioning event, kondisi spesifik.</i>
	<i>Undevelopment event, kondisi yang tidak dapat dikembangkan.</i>
	<i>External event, kondisi yang diharapkan muncul.</i>
	<i>Logic event AND, kondisi kesalahan manual akibat semua input salah.</i>
	<i>Logic event OR, kondisi kesalahan akibat salah satu input bermasalah.</i>
	<i>Top event, kondisi yang menunjukkan kegagalan yang akan diteliti lagi.</i>
	<i>Transferred event, kondisi kejadian berbeda dengan halaman lain.</i>

Untuk melakukan analisis dengan metode FTA, berikut adalah langkah-langkahnya [16]:

1. Menentukan seluruh faktor penyebab kegagalan yang relevan.
2. Menyusun diagram pohon kesalahan berbasis grafis untuk memetakan hubungan antar-faktor tersebut.
3. Menyeleksi penyebab paling dasar (*root cause*) melalui hasil analisis pohon kesalahan.
4. Merumuskan usulan perbaikan sebagai tindak lanjut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Metode HIRARC (*Identification, Risk Assessment & Risk Control*).

Proses identifikasi bahaya pada proses produksi dilakukan dengan melakukan observasi secara langsung. Berikut merupakan rincian presentase dari tahun 2019-2022 bahaya yang disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. Frekuensi Kejadian Bahaya

Tahun	Presentase	Jumlah Kejadian	Keterangan
2019	12,5%	4	(Terjepit mesin conveyor & Tertimpa material)
2020	31,3%	10	(Luka melepuh di tangan, Cedera otot, kaki tertimpa material, & Tertabrak <i>forklift</i>)
2021	15,6%	5	(Jari terjepit injak, Terkena cipratan minyak panas, & Kaki terlindas <i>forklift</i>)
2022	40,6%	13	(Luka bakar saat perbaikan mesin, Benturan keras karena tergelincir, tangan

tergores *cutting part*, &
Tersandung kabel)

Selanjutnya adalah identifikasi secara mendalam berdasarkan area, aktivitas, potensi, dan bahaya. Dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Identifikasi risiko bahaya

Area dan proses pekerjaan	Aktivitas dan Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya
1. Penerimaan Bahan Baku	Proses bongkar muat bahan baku dan bahan tambahan.	<i>Forklift</i> yang tidak terawat	Pekerja tertimpa bahan yang dibawa <i>forklift</i>
2. Proses Pencampuran Bahan (<i>mixing</i>)	Pencampuran bahan dalam <i>mixing tank</i> dengan pemanasan $\pm 85^{\circ}\text{C}$.	Uap panas & cipratan larutan asam	Luka bakar, iritasi kulit
3. Proses Pasteurisasi & Homogenisasi	Penghilangan mikroba dan penyeragaman tekstur.	Tekanan uap berlebih	Luka bakar
4. Pengisian & <i>Sealing</i>	Pengisian panas ke botol plastik dan penyegelan otomatis.	Botol plastik <i>hot-fill</i> meleleh	Cipratan panas
5. Pendinginan & <i>Labeling</i>	<i>Cooling tunnel</i> 0–5 $^{\circ}\text{C}$, pemberian label & kode produksi.	Lantai basah & suhu rendah	Tergelincir
6. <i>Palletizing</i> & Gudang	Penataan di palet & penyimpanan di gudang pendingin.	Kabel listrik terbuka	kebakaran atau sengatan listrik

Berdasarkan tabel 5 identifikasi bahaya, dapat dianalisa bahwa masih banyak potensi bahaya yang dapat mencelakakan pekerja yang ada pada perusahaan. Terdapat analisa penyebab terjadinya potensi bahaya yang timbul baik dari segi manusia, cara kerja, dan lingkungan sekitarnya, dilakukan pengambilan data dengan cara wawancara kepada team HSE (Health, Safety & Environment) Officer, team HR, dan kepala produksi karena narasumber tersebut berkaitan langsung dan expert dalam penelitian ini.

Tabel 6. Penilaian risiko bahaya

Area dan proses pekerjaan	Aktivitas dan Tahapan Pekerjaan	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya	<i>Likelihood</i>	<i>Severity</i>	<i>Risk core</i>	<i>Risk level</i>
1. Penerimaan Bahan Baku	Proses bongkar muat bahan baku dan bahan tambahan.	<i>Forklift</i> yang tidak terawat	Pekerja Tertimpa bahan yang dibawa <i>forklift</i>	2	3	6	<i>Moderate</i>
2. Proses Pencampuran Bahan (<i>Mixing</i>)	Pencampuran bahan dalam <i>mixing tank</i> dengan pemanasan $\pm 85^{\circ}\text{C}$.	Uap panas & cipratan larutan asam	Luka bakar, iritasi kulit	3	1	3	<i>Low</i>
3. Proses Pasteurisasi & Homogenisasi	Penghilangan mikroba dan penyeragaman tekstur.	Tekanan uap berlebih	Luka bakar	1	2	2	<i>Low</i>

4. Pengisian & Sealing	Pengisian panas ke botol plastik dan penyegelan otomatis.	Botol plastik <i>hot-fill</i> meleleh	Cipratan panas	3	3	9	<i>Moderate</i>
5. Pendinginan & Labeling	<i>Cooling tunnel</i> 0–5 °C, pemberian label & kode produksi.	Lantai basah & suhu rendah	Tergelincir	3	1	3	<i>Low</i>
6. <i>Palletizing</i> & Gudang	Penataan di palet & penyimpanan di gudang <u>pendingin.</u>	Kabel listrik terbuka	kebakaran atau sengatan listrik	2	5	10	<i>High</i>

Pada table 6 dapat disimpulkan ada 3 jenis bahaya low diantaranya Pencampuran bahan dalam *mixing tank*, Penghilangan mikroba dan penyeragaman tekstur dengan pemanasan ± 85 °C, *Cooling tunnel* 0–5 °C, dan pemberian label & kode produksi. 2 jenis bahaya moderate yaitu proses bongkar muat bahan baku dan bahan tambahan, dan Pengisian panas ke botol plastik dan penyegelan otomatis, dan 1 jenis bahaya high yaitu Penataan di palet & penyimpanan di gudang pendingin. 3 jenis bahaya tersebut perlu mendapatkan penanganan dan perhatian khusus terlebih pada bahaya moderate dan high yang memiliki risiko yang tinggi bagi korban.

Pengendalian risiko (*risk control*)

Tahap akhir dari penerapan metode HIRARC adalah penentuan langkah-langkah pengendalian risiko bahaya. Pada tahap ini dilakukan upaya mitigasi dan penghindaran risiko pada seluruh aktivitas dan proses operasional yang berlangsung di *Warehouse Transit* PT XYZ. Strategi pengendalian dirumuskan berdasarkan hasil diskusi dengan *Supervisor Warehouse Transit* dan tim HSE (*Health, Safety, and Environment*), serta dikaji ulang dari studi-studi sebelumnya mengenai manajemen risiko di perusahaan. Ringkasan langkah pengendalian yang disepakati disajikan dalam tabel berikut.

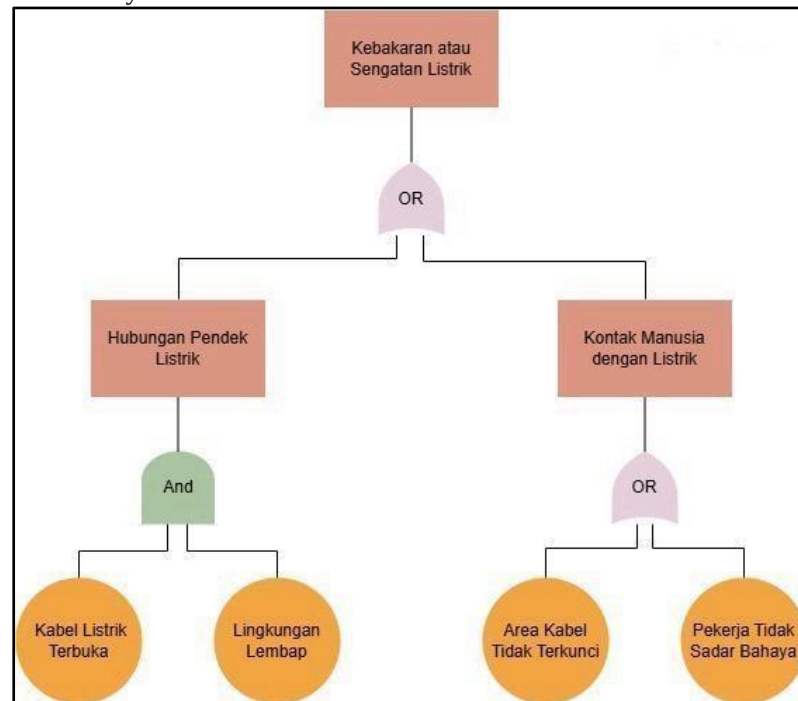
Tabel 7. Pengendalian Risiko Bahaya

No	Risiko	Solusi pengendalian				
		Eliminasi	Substitusi	Rekayasa Teknik	Administrasi	APD
1	<i>Palletizing & Gudang</i> (Kebakaran atau sengatan listrik)	Ganti kabel listrik yang terbuka dengan kabel tahan suhu/anti-air (IP67) untuk mencegah kontak dengan kelembapan gudang pendingin.		• Pasang GFCB (Ground Fault Circuit Breaker) dan alarm pendeteksi kebocoran listrik. • Rutin inspeksi listrik bulanan oleh teknisi bersertifikat.	• Larang akses area kabel oleh pekerja non-teknisi; beri <i>lock-out/tag-out</i> (LOTO) saat perbaikan. • Pelatihan <i>electrical safety</i> untuk tim gudang.	Wajibkan sarung tangan dielektrik untuk pekerja yang mengoperasikan peralatan listrik.
2	Penerimaan bahan baku – <i>forklift</i> tidak terawat (risiko tertimpa bahan yang dibawa forklift)			• Jadwalkan perawatan forklift mingguan (cek rem, klakson, sabuk pengaman). • Pasang sensor mundur dan lampu peringatan LED pada forklift.	• Sertifikasi operator forklift setiap 6 bulan; larang penggunaan forklift oleh non-operator. • Zonasi jalur <i>forklift</i> & pejalan kaki (marka lantai kuning + rambu).	Wajibkan helm dan rompi reflektif untuk pekerja di area bongkar muat.
3	Pengisian & Sealing – Botol plastik meleleh (cipratan panas)			• Otomasi sensor suhu untuk mematikan mesin jika suhu botol >95 °C. • Gunakan botol khusus hot-fill (PET berlapis anti-panas).	• SOP periksa kualitas botol sebelum pengisian (reject botol tipis atau retak).	Wajibkan <i>face shield</i> dan sarung tangan tahan panas untuk operator sealer.
4	Uap panas/cipratan larutan asam			• Tambahkan <i>emergency shower</i> di area mixing; periksa katup pemanasan otomatis.		
5	Tekanan uap berlebih			• Kalibrasi pressure gauge bulanan; training prosedur <i>pressure relief valve</i>.		
6	Lantai basah (tergelincir)			• Pasang karpet anti-slip di cooling tunnel; jadwal pengeringan lantai tiap 2 jam.		

Pada Tabel diatas dijelaskan cara pengendalian risiko dari katagori *high* sampapai *low*, dengan table *risk control* dari bahaya risiko *high* dapaat berubah menjadi *low*. Akan selalu dilakukan pemantauan dan perbaikan berlanjut untuk menjaga keselamatan pekerja.

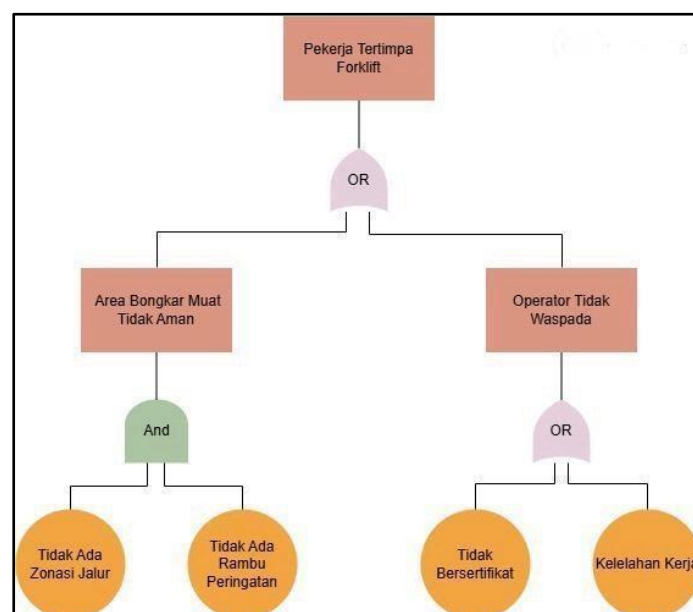
2. Fault Tree Analysis (FTA)

Hasil penilaian risiko menunjukkan tiga potensi bahaya dengan nilai risiko tertinggi yaitu 1 *high* dan 2 (moderate) yang wajib ditelusuri lebih dalam untuk mengidentifikasi faktor-faktor pemicunya. Oleh karena itu, ketiga risiko tersebut dijadikan prioritas untuk disusun diagram pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis*). Berikut Analisa pohon kesalahan untuk 3 risiko bahaya:



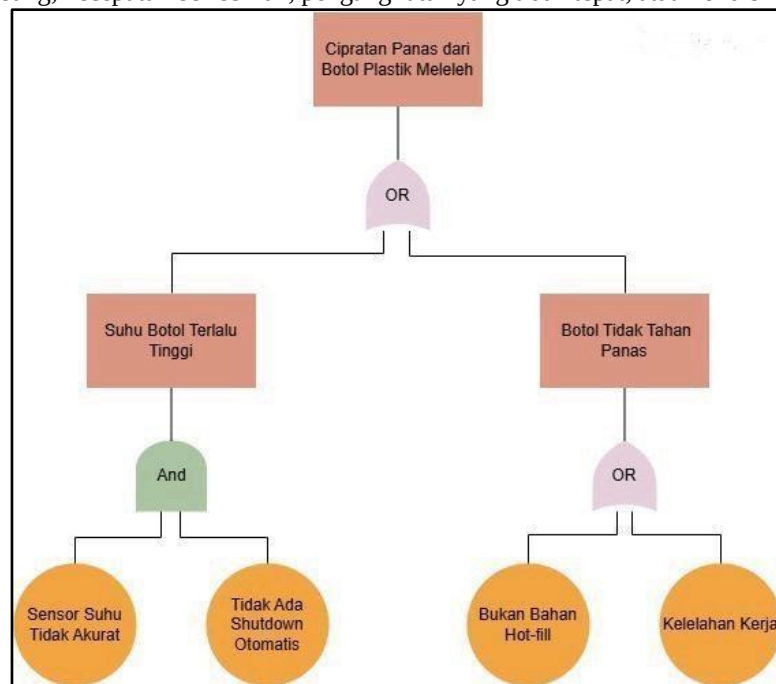
Gambar 2. Pohon Kesalahan Bahaya High

Pohon Kesalahan 1 – Bahaya Kebakaran atau Sengatan Listrik. Kebakaran atau sengatan listrik dapat terjadi apabila salah satu dari dua jalur utama terpenuhi. Jalur pertama terkait hubungan pendek atau kontak manusia dengan listrik, yang hanya berbahaya apabila dua kondisi terjadi bersamaan: (a) manusia terlibat kontak langsung dengan komponen listrik, dan (b) lingkungan kerja tidak aman. Lingkungan dianggap tidak aman bila kabel listrik terbuka (tanpa pelindung), lokasi kerja lembap, kawasan kabel tidak terkunci, serta pekerja tidak menyadari bahaya. Jalur kedua berkaitan *overheating* kabel, yang terjadi bila dua faktor simultan: kabel listrik tidak sesuai spesifikasi beban dan tidak tersedia sistem proteksi berupa sensor suhu serta shutdown otomatis pada proses *hot-fill*.



Gambar 3. Pohon Kesalahan Bahaya Moderate

Pohon Kesalahan 2 – Pekerja Tertimpa bahan *Forklift*, Kecelakaan tertimpa bahan yang dibawa *forklift* dapat terjadi Akibat forklift membawa bahan terjatuh dapat menimbulkan cedera serius atau kematian pada pekerja akibat tertimpa muatan, kerusakan properti, serta gangguan operasional di tempat kerja. Kecelakaan ini bisa terjadi karena beban tidak seimbang, kecepatan berlebihan, pengangkutan yang tidak tepat, atau kondisi lantai yang buruk.



Gambar 4. Pohon Kesalahan Bahaya Moderate

Pohon Kesalahan 3 – Ada dua faktor utama yang berpotensi menyebabkan kegagalan dalam proses pengisian panas (hot-fill) suatu produk cair ke dalam botol plastik. Pertama, bermula dari masalah suhu botol yang terlalu tinggi, yang kemudian bercabang menjadi dua kemungkinan penyebab utama: pertama, botol plastik meleleh akibat cipratan cairan panas yang tidak terkontrol, dan kedua, botol itu sendiri tidak tahan terhadap suhu tinggi yang digunakan dalam proses hot-fill. Ketidakmampuan material botol menahan panas dapat menjadi akibat dari kesalahan pemilihan bahan atau desain botol yang tidak sesuai dengan rentang suhu proses. Kedua, menyoroti kegagalan sistem kontrol suhu, yang diawali oleh tidak adanya sensor suhu yang berfungsi dengan baik. Ketidakhadiran atau kegagalan sensor ini menyebabkan ketidakakuratan pembacaan suhu, yang kemudian memicu sistem tidak melakukan shutdown otomatis saat suhu melebihi batas aman. Akibatnya, proses hot-fill terus berlangsung dalam kondisi yang tidak aman, yang pada gilirannya dapat memperburuk masalah pada botol atau cairan isian.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di gudang transit PT XYZ, tren kecelakaan kerja yang melonjak dari 4 insiden (2019) menjadi 13 insiden (2022) berhasil ditekan melalui integrasi metode HIRARC dan FTA. Identifikasi HIRARC menunjukkan satu risiko tingkat tinggi (kebakaran atau sengatan listrik) dan dua risiko menengah (tertimpa barang bawaan *forklift* serta cipratan panas botol plastik meleleh). Analisis FTA memperlihatkan bahwa kegagalan berasal dari kombinasi faktor manusia (operator tidak waspada, pekerja tidak sadar bahaya), peralatan (kabel terbuka, forklift tidak terawat, sensor suhu tidak akurat), dan lingkungan (area lembap, tidak ada zonasi, suhu pengisian tinggi). Strategi pengendalian yang dirancang rekayasa teknik (kabel IP67, sensor mundur forklift, sensor suhu otomatis), tindakan administratif (pelatihan rutin, inspeksi berkala, *lock-out/tag-out*), serta pemakaian APD lengkap berhasil menurunkan *risk score* kebakaran listrik dari 10 menjadi low, menekan risiko *forklift* melalui zonasi jalur, dan mencegah cipratan panas dengan penggunaan botol khusus *hot-fill*. Dan 3 resiko kecil (Uap Panas/cipratan larutan asam, tekanan uap berlebih, lantai basah) Analisa FTA Memperlihatkan bahwa perlu penambahan *emergency shower* untuk menangani uap panas/cipratan panas, penggunaan kalibrasi pressure gauge bulanan, dan pemasangan karpet anti-slip untuk mencegah terjadinya tergelincir/lantai licin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada tuhan yang maha Esa, dapat menyelesaikan artikel ilmiah ini. Serta ucapkan banyak terima kasih kepada pabrik yang telah memberi kesempatan dan izin untuk melaksanakan penelitian dan juga kepada universitas muhammadiyah sidoarjo yang telah menjebatani penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Winda PurnamaTagueha, Jantje B Mangare, and Tisano Tj. Arsjad, "Manajemen Resiko Keselamatan dan kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Unsrat)," *Sipil Statik*, vol. 6, no. 11, pp. 907–916, 2018.
- [2] W. Wahyudi, H. B. Santoso, and A. Komari, "Penerapan Manajemen Risiko Guna Mengetahui Tingkat Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Piggering Di Area Sisi Nubi Total E & P Indonesia," *JURMATIS J. Ilm. Mhs. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, p. 66, 2019, doi: 10.30737/jurmatiss.v1i2.439.
- [3] N. I. Mardlotillah, "Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Area Confined Space," *Higeia J. Public Heal. Res. Dev.*, vol. 4, no. Special 1, pp. 315–327, 2020.
- [4] R. Darmawan, N. Ummi, and A. Umyati, "Metode Hazard Identification And Risk Assessment (Hira) Di Area Batching Plant Pt Xyz," *J. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 3, pp. 308–313, 2017.
- [5] K. P. Sari, M. Chairi, and R. P. Helin, "Analisis Risiko K3 Pada Proyek Gedung Rsud Pasaman Barat Dengan Metode Hirarc," *J. Rivet*, vol. 2, no. 01, pp. 25–31, 2022, doi: 10.47233/rivet.v2i01.491.
- [6] M. Afandi, S. K. Anggraeni, and A. S. Mariawati, "Manajemen Risiko K3 Menggunakan Pendekatan HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) Guna Mengidentifikasi Potensi Hazard".
- [7] S. Rosimah Fakultas Teknik and Y. Kurniawan, "Analisis Risiko Keselamatan Kerja dengan Menggunakan Metode Hirarc dan FTA Di PT X," vol. 19, no. 1, 2022.
- [8] N. F. Fatma and D. E. M. Putra, "Usulan Perbaikan Pada Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Pt. Surya Toto Indonesia Tbk Divisi Sanitary Dengan Metode Hira Dan Fta," *J. Ind. Manuf.*, vol. 6, no. 1, p. 27, 2021, doi: 10.31000/jim.v6i1.4116.
- [9] R. Riyadi, O. Hendra, R. Sadiatmi, W. Nugraha, and D. Amalia, "Potensi Bahaya pada Ujung Runway 24 Bandar Udara: Sebuah Implementasi Manajemen Resiko," *J. Airt. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 54–60, 2021, doi: 10.52989/jaet.v1i2.13.
- [10] D. S. Purnama, "Analisa Penerapan Metode HIRARC Dan HAZOPS Dalam Kegiatan Identifikasi Potensi Bahaya dan Resiko pada Proses Unloading Unit Di PT. Toyota Astra Motor," *J. PASTI*, vol. 3, no. 3, pp. 103–111, 2015.
- [11] S. S. A. Ruma, S. S. Russeng, and N. U. Mahmud, "Penerapan Manajemen Risiko Dengan Metode Hirarc Dalam Mencapai Zero Accident Di Pt. Iki Makassar," *J. Kesehat. Tambusai*, vol. 4, no. 2, pp. 850–859, 2023.
- [12] T. Dahniar and F. Dwi Ibnu, "Penerapan Metode Hirarc Untuk Pengelolaan Risiko Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Di Industri Besi," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 34–39, 2025, doi: 10.36040/industri.v15i1.12123.
- [13] Della Putri Adjani and Restu Hikmah Ayu Murti, "Identifikasi Bahaya Menggunakan Metode HIRARC Pada Pekerjaan Pemeliharaan Gardu dan Jaringan Distribusi PT PLN UP3 Cengkareng," *Antigen J. Kesehat. Masy. dan Ilmu Gizi*, vol. 2, no. 2, pp. 39–51, 2024, doi: 10.57213/antigen.v2i2.257.
- [14] N. M. Dewantari, A. Umyati, and F. Falah, "Hazard identification risk assessment and risk control (HIRARC) pada pembangunan gedung business center," *J. Ind. Serv.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.36055/jiss.v8i1.14405.
- [15] M. Yolanda, Y. Ekawati, and S. Noya, "Penerapan Metode Fault Tree Analysis Untuk Mencegah Kegagalan Pada Departemen Interior di PT X," *J. Sains dan Apl. Keilmuan Tek. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 49–58, 2023, doi: 10.33479/jtiunc.v3i1.49.
- [16] A. Syarifudin and J. T. Putra, "Analisa Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator Komatsu 150lc Dengan Metode FTA Dan FMEA Di PT. XY," *J. InTent*, vol. 4, no. 2, pp. 99–109, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.