

Evaluasi Keselamatan Kerja (K3) Di PT. Timah Industri Dengan Menggunakan Metode HIRARC

Riny Yolanda Parapat, Edward Sandjaya, Sri Ainun Nurfadhilah, , Maria Merdiana Fetok, Nurul Hikmah, Salaffudin

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Bandung Jl. PH. H. Mustofa No. 23, Kota Bandung
Email : salafudin@itenas.ac.id

Abstract (English)

Setiap lingkungan atau tempat kerja mengandung potensi bahaya yang tinggi sehingga diperlukan suatu upaya pencegahan dan pengendalian agar tidak terjadi kecelakaan kerja. Penyebab kecelakaan kerja disebabkan oleh tindakan orang yang tidak mematuhi keselamatan kerja (*unsafe action*) dan keadaan lingkungan atau proses dan sistem yang tidak aman (*unsafe condition*). Manajemen keselamatan dan kesehatan kerja sudah ada secara global termasuk di Indonesia. Namun pada pelaksanaannya masih banyak terjadi kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Pengidentifikasian bahaya dan risiko kerja merupakan tahap awal yang harus diperhatikan oleh perusahaan. Tujuan dari penelitian adalah mencegah terjadinya bahaya risiko K3 terhadap tindakan perawatan, dan mengetahui sumber bahaya keselamatan dan kesehatan kerja dalam tindakan perawatan dan perbaikan dalam sistem yang diterapkan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif yang mendeskripsikan terkait identifikasi dan penilaian risiko K3.

Article History

Submitted: 19 June 2024

Accepted: 24 June 2024

Published: 25 June 2024

Key Words

K3, Hazard identification.

PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah disiplin yang fokus pada pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja. K3 bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat dengan mengidentifikasi dan mengendalikan risiko, serta memastikan kepatuhan terhadap peraturan keselamatan. Di berbagai sektor industri, penerapan K3 menjadi sangat penting untuk melindungi tenaga kerja dan meminimalisir dampak negatif terhadap kesehatan mereka. Konsep K3 terdiri dari tiga aspek: keselamatan kerja, kesehatan kerja, dan kelestarian lingkungan kerja. Keselamatan kerja berkaitan dengan pencegahan kecelakaan kerja dan kerugian material. Kesehatan kerja melibatkan pencegahan penyakit akibat kerja, termasuk stres. Kelestarian lingkungan kerja berfokus pada menjaga lingkungan yang aman dan sehat untuk para karyawan. (Khalid, 2023)

K3 sangat penting karena dapat meminimalisir risiko terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Beberapa alasan mengapa K3 penting antara lain mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang bisa terjadi kapan saja dan di mana saja, mencegah terjadinya penyakit akibat kerja seperti asma, dermatitis, dan silikosis dan menjaga produktivitas karyawan dan citra perusahaan. (Khalid, 2023)

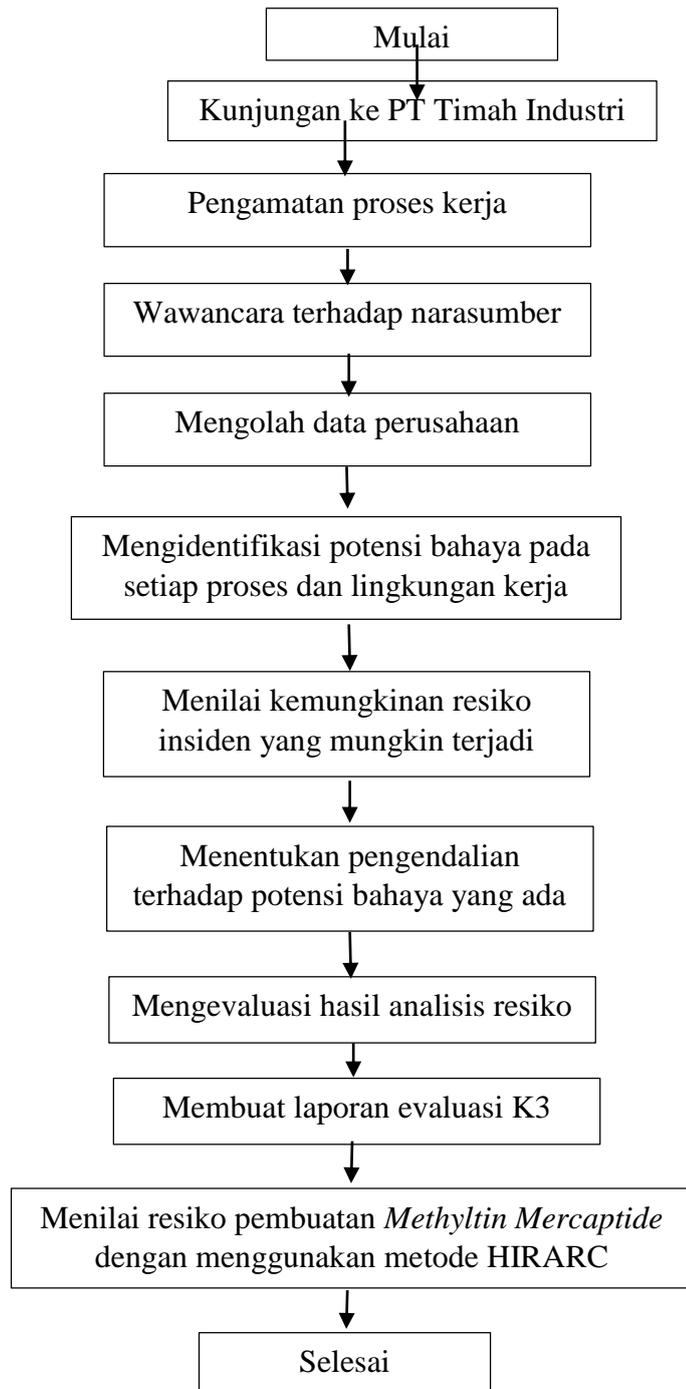
Penilaian risiko K3 adalah serangkaian pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya yang dapat mengancam keselamatan dan kesehatan kerja. Tujuannya adalah untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang bisa menyebabkan cedera pada manusia dan menginformasikan langkah-langkah pengendalian untuk menurunkan risiko cedera pada tingkat yang dapat ditoleransi. (Anonim, 2022)

Berbagai metode dapat digunakan untuk menganalisis risiko dalam industri, termasuk HAZOP (Hazard and Operability Study), FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), dan Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control (HIRARC). Metode-metode ini membantu dalam mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi bahaya, serta menentukan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengatasi risiko yang ditemukan. Pemilihan metode yang tepat tergantung pada kompleksitas dan jenis proses industri yang bersangkutan, serta tingkat risiko yang dihadapi.

Studi kasus yang akan dibahas dalam manuskrip ini adalah penilaian risiko dalam proses pembuatan methylin mercaptide di PT. Timah Industri. Penilaian risiko akan dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya yang mungkin terjadi selama proses produksi (Azka, 2024). *Methylin mercaptide* adalah bahan kimia yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri, namun proses pembuatannya melibatkan berbagai bahan dan kondisi yang dapat menimbulkan risiko keselamatan dan kesehatan. Dengan melakukan penilaian risiko yang komprehensif pada proses ini, diharapkan dapat ditemukan strategi yang efektif untuk mengendalikan risiko dan meningkatkan keselamatan kerja dalam produksi methylin mercaptide.

METODE PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian guna mendapatkan tujuan yang diinginkan maka dilakukan beberapa langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar 1. Flow Chart Langkah Langkah yang Dilakukan dalam Penelitian Ini

Metode HIRARC memanfaatkan matriks yang melambangkan besarnya resiko dari suatu bahaya. Penilaian resiko dilakukan dengan memberikan penilaian terhadap tingkat parahnya dampak yang diakibatkan (*severity*), seringkali penyebab potensi bahaya terjadi (*occurance*). Skala untuk penilaian tingkat keparahan dampak yang diakibatkan (*severity*) dilakukan berdasarkan keparahan secara fisik dan keparahan secara mekanis. Dua definisi dilakukan dengan dasar yang berbeda namun memiliki hubungan terkait. Hubungan tersebut adalah nilai dari keparahan secara fisik yang berhubungan dengan kerugian yang dialami perusahaan. Sedangkan skala penilaian keseringan penyebab potensi bahaya terjadi (*occurance*) yang dibuat berdasarkan berapa kali suatu aktivitas penyebab bahaya dilakukan dan kondisi penyebab bahaya terjadi.

Setelah bahaya dinilai dari kedua parameter tersebut, bahaya kemudian dikategorikan berdasarkan tingkat bahayanya. Selengkapny, skala 1 sampai 4 pada *severity* dari angka 1 sampai 4 secara berturut-turut menandakan kecelakaan yang :

1. Pekerja bisa langsung melanjutkan pekerjaan
2. Pekerja harus beristirahat baru melanjutkan pekerjaan
3. Mengakibatkan cacat pada pekerja dan harus dibawa ke rumah sakit
4. Mengakibatkan kematian

Sedangkan pada *Occurence*, angka 1 sampai 4 menandakan kecelakaan yang :

1. Sangat sering terjadi (setiap minggu/bulan)
2. Sering terjadi (beberapa kali/tahun)
3. Jarang terjadi (2-5 tahun sekali)
4. Sangat jarang terjadi (>5 tahun sekali)

Berikut merupakan gambaran matriks dari penilaian resiko HIRARC :

PELUANG / PROBABILITY		KONSEKUENSI / SEVERITY				
		1	2	3	4	5
		Tidak signifikan	Kecil	Sedang	Besar	Katastropik
Sangat Jarang	1	M	M	H	H	H
Kemungkinan kecil	2	L	M	M	H	H
Kemungkinan	3	L	M	M	M	H
Kemungkinan besar	4	L	L	M	M	H
Sangat jarang	5	L	L	L	M	H

Gambar 2. Matriks Resiko Bahaya HIRARC

Sumber :(Abdullah & Lee, 2018)

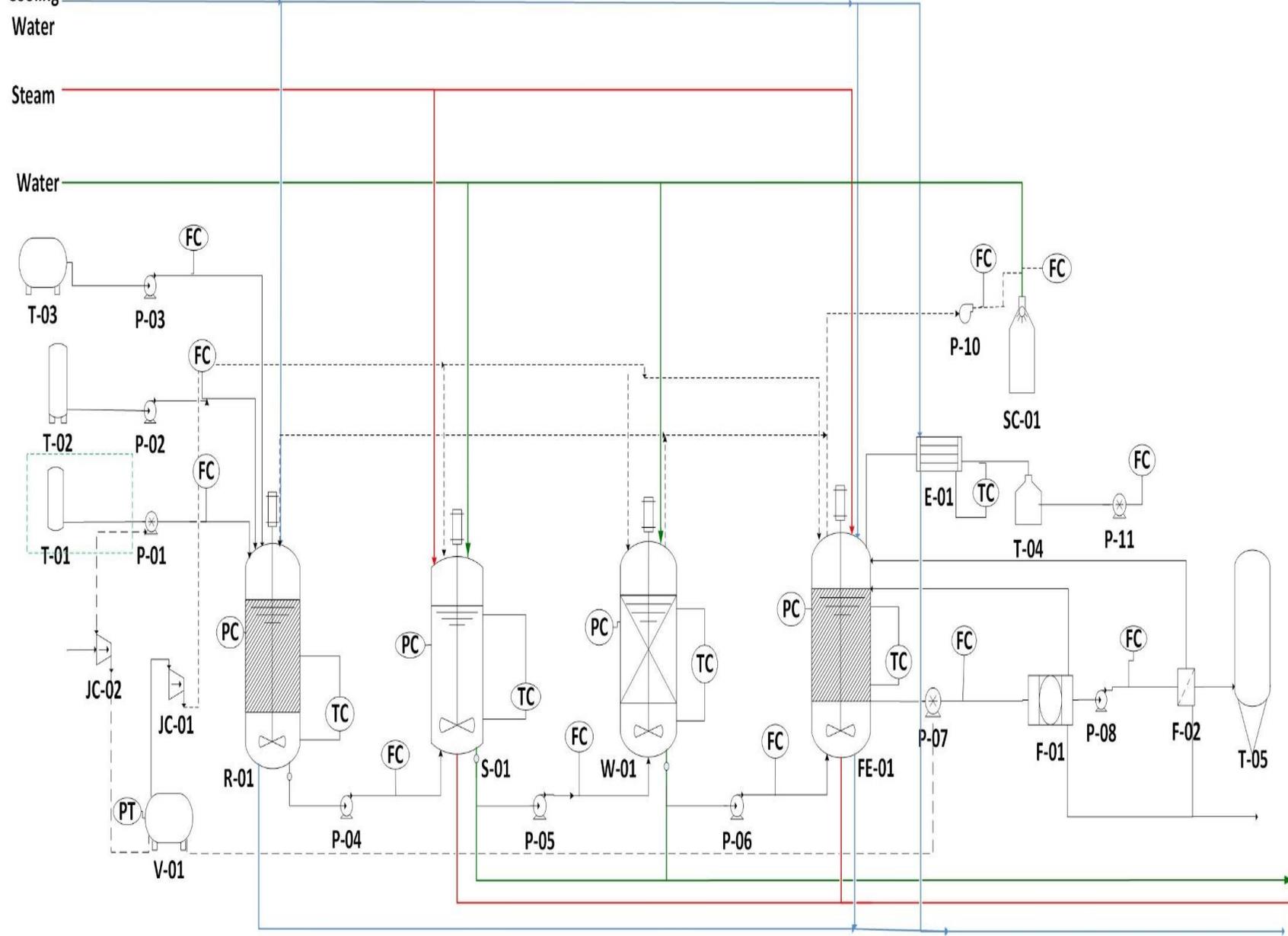
HASIL DAN PEMBAHASAN

PT Timah Industri memproduksi MTM (*methyltin mercaptide*) di *Methyltin Stabilizer Plant* sebanyak 10.000 ton/tahun. Bahan baku MTM terdiri dari DMTDCL (Dimethyltin dichloride-Monomethyltin trichloride), 2-EHTG (*2-Ethylhexyl Thioglycolate*), dan katalis berupa NHy dalam wujud NH4OH 25%. Awalnya, 2-EHTG dialirkan ke reaktor R-01 secara manual menggunakan pompa diafragma. Setelah seluruh 2-EHTG dimasukkan ke R-01, DMTDCL dan NH OH 25% dimasukkan secara bertahap sambil diagitasi dengan kecepatan 1500 rpm. Proses reaksi di reaktor R-01 selama 5-7 jam dengan suhu dijaga maksimal 45 °C dan pH berkisar 7-8. Reaksi ini bersifat eksotermis sehingga menggunakan cooling jacket dengan air pendingin dilewatkan dalam coil. Produk keluaran reaktor R-01 dialirkan menuju

tangki sedimentasi S-01 sambil tetap diagitasi selama setengah jam lalu dilakukan sedimentasi selama satu jam dimana akan terbentuk dua lapisan yakni lapisan atas berupa NHCl dan H₂O dan lapisan bawah berupa MTM.

Lapisan bawah yakni produk akan dialirkan menuju tangki washer, sedangkan lapisan atas berupa NH₄Cl dan H₂O dialirkan menuju TPS (Tempat Pembuangan Sementara). Di tangki washer ditambahkan H₂O sebesar 30% dari keluaran tangki sedimentasi untuk mengikat NH₄Cl yang masih terbawa di produk. Selama satu jam air proses dan produk diagitasi selama satu jam, lalu dilanjutkan sedimentasi selama satu jam, dimana terjadi dua lapisan yaitu lapisan atas berupa NHCl dan H₂O dan lapisan bawah berupa MTM.

Berikut adalah gambaran uraian umum proses produksi *Methyltin Mercaptide*:



No.	Code	Equipment
1	T-01	Tangki 2-EHTG
2	T-02	Tangki DMTDCL
3	T-03	Tangki NH4OH
4	T-04	Tangki Distilat
5	T-05	Tangki Produk
6	P-01	Pompa Diafragma
7	P-07	
8	P-02	Pompa Sentrifugal
9	P-03	
10	P-04	
11	P-05	
12	P-06	
13	P-08	
14	P-09	Centrifugal Fan
15	P-10	Pompa Vakum
16	JC-01	Kompresor
17	JC-02	Kompresor
18	SC-01	Scrubber
19	R-01	Reaktor
20	S-01	Tangki Sedimen
21	W-01	Tangki Washer
22	FE-01	Tangki Evaporator
23	E-01	Kondensor
24	V-01	Vessel Nitrogen
25	F-01	Filter press
26	F-02	Filter polishing

Gambar 3. PFD Proses Pembuatan *Methyltin Mercaptide By-Existin*

Deskripsi Proses Pembuatan MTM

PT Timah Industri memproduksi MTM (methyltin mercaptide) di Methyltin Stabilizer Plant sebanyak 10.000 ton/tahun. Bahan baku MTM terdiri dari DMTDCL (Dimethyltin dichloride–Monomethyltin trichloride), 2–EHTG (2–Ethylhexyl Thioglycolate), dan katalis berupa NH₃ dalam wujud NH₄OH 25%. Awalnya, 2-EHTG dialirkan ke reaktor R-01 secara manual menggunakan pompa diafragma. Setelah seluruh 2-EHTG dimasukkan ke R-01, DMTDCL dan NH₄OH 25% dimasukkan secara bertahap sambil diagitasi dengan kecepatan 1500 rpm. Proses reaksi di reaktor R-01 selama 5 – 7 jam dengan suhu dijaga maksimal 45 °C dan pH berkisar 7–8. Reaksi ini bersifat eksotermis sehingga menggunakan cooling jacket dengan air pendingin dilewatkan dalam coil. Produk keluaran reaktor R-01 dialirkan menuju tangki sedimentasi R-02 sambil tetap diagitasi selama setengah jam lalu dilakukan sedimentasi selama satu jam dimana akan terbentuk dua lapisan yakni lapisan atas berupa NH₄Cl dan H₂O dan lapisan bawah berupa MTM.

Lapisan bawah yakni produk akan dialirkan menuju tangki washer, sedangkan lapisan atas berupa NH₄Cl dan H₂O dialirkan menuju TPS (Tempat Pembuangan Sementara). Di tangki washer ditambahkan H₂O sebesar 30% dari keluaran tangki sedimentasi untuk mengikat NH₄Cl yang masih terbawa di produk. Selama satu jam air proses dan produk diagitasi selama satu jam, lalu dilanjutkan sedimentasi selama satu jam, dimana terjadi dua lapisan yaitu lapisan atas berupa NH₄Cl dan H₂O dan lapisan bawah berupa MTM.

Lapisan bawah akan dialirkan menuju tangki evaporator sedangkan lapisan atas dialirkan menuju TPS. Di tangki evaporator, kandungan air dihilangkan dari produk dengan cara diuapkan menggunakan steam yang dilewatkan di dalam coil pada suhu maksimum 80 °C dan tekanan minimal -0,096 MPa. Proses evaporasi selama tiga jam sambil diagitasi dengan kecepatan 1500 rpm. Setelah diuapkan produk akan didinginkan dengan air pendingin yang dilewatkan di dalam coil berbeda minimal suhu produk turun menjadi 40 °C, terbentuk pula kristal NH₄Cl. Selanjutnya, produk akan dialirkan menuju filter press sebagai filtrasi pertama untuk memisahkan NH₄Cl dari produk. Proses filter press dilakukan sirkulasi dengan dilewatkan melalui evaporator tanpa adanya perlakuan selama satu jam. Proses sirkulasi keluaran filter press dinilai baik ketika transmittance mencapai 96%. Selanjutnya melakukan filtrasi kedua dengan produk dilewatkan pada filter press dan polishing filter untuk pemisahan produk dari ukuran NH₄Cl yang lebih halus. Proses filtrasi kedua disirkulasi dengan dilewatkan melalui evaporator tanpa adanya perlakuan selama satu jam. Proses sirkulasi keluaran polishing filter dinilai baik ketika transmittance mencapai 98%. Produk akan dialirkan menuju tangki penampung produk.

Setelah dilakukan penelitian Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja di PT. Timah Industri maka dapat dievaluasi dengan cara membandingkan antara peraturan dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan diantaranya sebagai berikut:

Tabel 1. Penilaian Resiko Produksi MTM.

No	Nama Tahapan Proses	Sumber Bahaya	Resiko/Dampak	O	S	Matrix	Penanggulangan Resiko
1	Charging 2- EHTG	Kebocoran pompa diafragma (P-01,P-07)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Rutin • Penggunaan Sensor dan Alarm • Pelatihan dan Prosedur

							<ul style="list-style-type: none"> Darurat • Instalasi <i>Flow Control</i>
		Overheating pompa diafragma (P-01,P-07)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Preventif dan Pengawasan Rutin • Pengaturan Parameter Operasi yang Aman • Instalasi <i>Temperature Control</i>
2	Transfer DMTDC L dari Intermediate Plant	Kebocoran pipa transfer (T-02)	<ul style="list-style-type: none"> • Beracun ketika uap terhirup • Kulit terbakar • Kerusakan mata 	2	4	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Hindari kontak langsung dengan kulit • Penggunaan Sensor dan Alarm • Instalasi <i>Flow Control</i>
3	Charging DMTDC L	Kebocoran valve keluaran DMTDCL (T-02)	<ul style="list-style-type: none"> • Beracun ketika uap terhirup • Kulit terbakar • Kerusakan mata 	2	4	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Batasi waktu paparan langsung dan tingkatkan ventilasi di area kerja • Hindari kontak langsung dengan kulit • Penggunaan Sensor dan Alarm
		Kebocoran tangki DMTDCL (T-02)	<ul style="list-style-type: none"> • Beracun ketika uap terhirup • Kulit terbakar • Kerusakan mata 	2	4	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Pelatihan mengenai keselamatan kerja
		Terjatuh dari ketinggian (T-02)	<ul style="list-style-type: none"> • Cedera serius hingga patah tulang 	1	4	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Pelengkapan ventilasi yang memadai • Isolasi Area Bahaya

							<ul style="list-style-type: none"> • Penyediaan Peralatan Penanganan Darurat
4	Charging NH ₄ OH 25%	Kebocoran tangki NH ₄ OH 25% (T-03)	<ul style="list-style-type: none"> • Kesulitan bernapas • Mata terasa terbakar 	1	2	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Pelengkapan ventilasi yang memadai • Penggunaan Sensor dan Alarm • Instalasi <i>Flow Control</i>
		Kebocoran pompa sentrifugal (P-02, P-03, P-04, P-05, P-06, P-08)	<ul style="list-style-type: none"> • Kesulitan bernapas • Mata terasa terbakar 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Batasi aktivitas fisik yang berat di bawah sinar matahari langsung, terutama pada siang hari saat suhu paling tinggi, untuk mengurangi risiko <i>heatstroke</i> • Penyediaan sistem proteksi dan darurat
5	Proses reaksi	Panas dari reaksi eksotermis (T-03)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Heatstroke</i> dan dehidrasi • Kualitas udara buruk 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Pelengkapan ventilasi yang memadai • Penggunaan Sensor dan Alarm • Pelatihan dan Prosedur Darurat
		Kebocoran valve atas terhubung dengan perpipaan ke scrubber (T-03)	<ul style="list-style-type: none"> • Kesulitan bernapas • Mata terasa terbakar 	3	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Pelengkapan ventilasi yang memadai • Pemeliharaan preventif dan inspeksi rutin • Penggunaan

							<ul style="list-style-type: none"> sistem kontainment dan penanggulangan darurat • Instalasi <i>Pressure Control</i>
6	Proses transfer produk dan air limbah	Kebocoran valve bawah reaktor (R-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeksi rutin dan pemeliharaan sistem listrik • Monitoring Suhu dan Voltase • Instalasi <i>Pressure Control</i>
		Pompa sentrifugal terdengar berisik (P-02, P-03, P-04, P-05, P-06, P-08)	<ul style="list-style-type: none"> • Gangguan Pendengaran 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeksi rutin dan pemeliharaan sistem listrik • Monitoring Suhu dan Voltase
7	Proses sedimentasi	Kebocoran tangki sedimentasi (S-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Pelengkapan ventilasi yang memadai • Pemeliharaan preventif dan inspeksi rutin • Penggunaan sistem containment dan penanggulangan darurat
		Kerusakan pada motor agitator (S-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Tersengat arus pendek listrik 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Pelengkapan ventilasi yang memadai • Penggunaan sistem

							<p>kontainment dan penanggulangan darurat</p> <ul style="list-style-type: none">• Instalasi <i>Pressure Control</i>
		<p>Keausan gearbox agitator (S-01)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Tersengat arus pendek listrik	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none">• Instalasi <i>Pressure Control</i>• Penggunaan Sensor dan Alarm• Pelatihan dan Prosedur Darurat
8	Proses transfer produk	<p>Kebocoran valve bawah tangki sedimentasi (S-01)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Iritasi pernapasan• Iritasi kulit dan mata• Pencemaran udara	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none">• Penggunaan APD seperti sarung tangan• Membilas mata dengan air bersih• Instalasi <i>Pressure Control</i>
		<p>Kebocoran pompa sentrifugal (P-05)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Iritasi pernapasan• Iritasi kulit dan mata• Pencemaran udara	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none">• Instalasi <i>Pressure Control</i>• Membilas mata dengan air bersih• Pastikan area terlindungi dengan ventilasi memadai
		<p>Pompa sentrifugal terdengar berisik (P-05)</p>	<ul style="list-style-type: none">• Gangguan pendengaran	3	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none">• Penggunaan APD seperti sarung tangan• Membilas mata dengan air bersih• Pastikan area terlindungi dengan ventilasi memadai

9	Proses drain air limbah	Kebocoran valve bawah tangki sedimentasi (S-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pemeliharaan rutin • Instalasi <i>Pressure Control</i>
		Kebocoran pipa drain air limbah dari tangki sedimentasi ke TPS (S-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Instalasi <i>Flow Control</i> • Membilas mata dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai
10	Proses washing	Kebocoran tangki washer (W-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Instalasi <i>Pressure Control</i> • Pelengkapan ventilasi yang memadai
		Kerusakan pada motor agitator (W-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Tersengat arus pendek listrik 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Instalasi <i>Pressure Control</i> • Pelengkapan ventilasi yang memadai
11	Proses transfer produk	Kebocoran valve bawah tangki washer (W-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD • Menerapkan sistem ventilasi yang efektif • Instalasi <i>Flow Control</i>
		Kebocoran pompa sentrifugal (P-02, P-03, P-04, P-05, P-06, P-08)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Menerapkan sistem ventilasi yang efektif • Instalasi <i>Pressure Control</i>

12	Proses drain air limbah	Kebocoran valve bawah tangki washer (W-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Minimalkan paparan langsung • Pelengkapan ventilasi yang memadai
13	Proses evaporasi	Tekanan terlalu ekstrem (rendah) pada pompa vakum (P-10)	<ul style="list-style-type: none"> • Luka bakar • Emisi gas 	1	3	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pemeliharaan rutin
		Kebocoran pada pompa vakum (P-10)	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi gas 	1	2	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Minimalkan paparan langsung • Instalasi <i>Temperature Control</i>
		Kebocoran steam di coil evaporator (FE-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	1	3	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pemantauan berkala • Memastikan area memiliki ventilasi baik • Instalasi <i>Pressure Control</i>
		Keausan gearbox agitator (FE-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Tersengat arus pendek listrik 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata dengan air bersih • Pastikan area terlindungi dengan ventilasi memadai
14	Proses pendinginan	Material panas karena proses evaporasi (F-01)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Heatstroke</i> dan dehidrasi 	2	1	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai

15	Proses kondensasi	Kebocoran pada alat <i>chiller</i> (E-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi gas • Memicu pertumbuhan jamur dan bakteri 	1	1	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata dengan air bersih • Instalasi <i>Flow Control</i>
16	Proses transfer produk	Kebocoran valve bawah tangki washer (W-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai
		Kebocoran pompa diafragma (P-01, P-07)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Instalasi <i>Flow Control</i> • Pelengkapan ventilasi yang memadai
17	Proses sirkulasi filtrasi pertama	Kebocoran produk akibat penyumbatan filter cloth/kerusakan filter plate filter press (F-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	3	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai
18	Proses sirkulasi filtrasi kedua	Kebocoran alat polishing filter (F-02)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	1	2	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai
		Kebocoran pipa sirkulasi dari	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata

		polishing ke tangki evaporator (F-02)	udara				dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai
19	Proses sirkulasi storage	Kebocoran tangki storage (T-05)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	1	2	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Membilas mata dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai
		Kebocoran pipa transfer dari polishing ke tangki storage (T-05)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Instalasi <i>Pressure Control</i> • Pelengkapan ventilasi yang memadai
20	Proses packing produk	Kebocoran tangki storage (T-05)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	1	2	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Instalasi <i>Pressure Control</i> • Instalasi pengamanan • Pelatihan operator
		Kebocoran valve keluaran packing (T-05)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Instalasi <i>Pressure Control</i> • Membilas mata dengan air bersih • Pelengkapan ventilasi yang memadai
21	Kompresi udara	Tekanan udara ekstrem (terlalu besar di kompresor)	<ul style="list-style-type: none"> • Penggumpalan udara dalam saraf • Polusi udara 	1	3	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan APD seperti sarung tangan • Instalasi <i>Flow Control</i>

		(JC-01, JC-02)					<ul style="list-style-type: none"> • Pelengkapan ventilasi yang memadai
22	Proses transfer nitrogen	Kebocoran tangki nitrogen (T-03)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Memastikan area terlindungi dengan ventilasi yang memadai • Memastikan peralatan terpasang dengan benar
		Tekanan nitrogen ekstrem (terlalu besar) di kompresor nitrogen (T-03)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	1	2	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Rutin • Penggunaan Sensor dan Alarm • Pelatihan dan Prosedur Darurat • Instalasi <i>Flow Control</i>
23	Proses absorpsi gas sisa	Kebocoran pipa antara reaktor dengan scrubber (T-03, SC-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Kesulitan bernapas • Mata terasa terbakar 	1	2	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan Preventif dan Pengawasan Rutin • Pengaturan Parameter Operasi yang Aman • Instalasi <i>Temperature Control</i>
		Gas sisa tidak terabsorpsi sempurna scrubber (SC-01)	<ul style="list-style-type: none"> • Iritasi pernapasan • Iritasi kulit dan mata • Pencemaran udara 	2	2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Hindari kontak langsung dengan kulit • Penggunaan Sensor dan Alarm • Instalasi <i>Flow Control</i>

KESIMPULAN

Metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) telah terbukti efektif dalam menilai risiko di proses industri pembuatan methyltin mercaptide. Dengan menggunakan HIRARC, semua potensi bahaya yang terkait dengan proses produksi dapat diidentifikasi secara sistematis, risiko-risiko tersebut dapat dinilai berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya, serta langkah-langkah pengendalian risiko yang tepat dapat diterapkan untuk meminimalkan atau menghilangkan bahaya tersebut. Penerapan HIRARC memungkinkan perusahaan untuk memahami dan mengelola risiko secara proaktif, sehingga meningkatkan keselamatan kerja dan kepatuhan terhadap standar K3.

Hasil penilaian risiko menggunakan metode HIRARC menunjukkan bahwa secara umum, proses pembuatan methyltin mercaptide tidak berbahaya jika langkah-langkah keselamatan yang tepat diterapkan. Namun, terdapat beberapa tahapan dalam proses produksi yang memiliki potensi bahaya yang lebih tinggi. Untuk mengatasi risiko ini, rekomendasi yang diberikan meliputi: menghindari kontak langsung dengan kulit melalui penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tepat, pemasangan sensor dan alarm untuk mendeteksi kebocoran atau kondisi berbahaya, serta instalasi flow control untuk mengatur aliran bahan kimia secara aman. Dengan mengikuti rekomendasi ini, risiko dalam proses produksi dapat dikelola dengan lebih baik, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat bagi para pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah & Lee, (2018) *Table 1 : HIRARC's Semi-Quantitative Matrix (Probability vs. Consequences)*, *ResearchGate*. Available at: https://www.researchgate.net/figure/HIRARCs-Semi-Quantitative-Matrix-Probability-vs-Consequences_tbl1_330221236.
- Anonim (2022) 'Mengenal Apa Itu Penilaian Risiko K3, Langkah Dan Cara Melakukannya', 8 April. Available at: <https://mutuinstitute.com/post/penilaian-risiko-k3/>.
- Azka (2024) *√ Contoh Risk Assessment K3: Panduan Praktis untuk Identifikasi dan Evaluasi Risiko*. Available at: <https://tekniksipil.id/contoh-risk-assessment-k3/>.
- Khalid, H. (2023) 'Apa Itu K3 dan Mengapa Itu Sangat Penting?', *Indonesia Safety Center*, 31 March. Available at: <https://indonesiasafetycenter.org/apa-itu-k3-dan-mengapa-itu-sangat-penting>.
- Abdullah & Lee, (2018) *Table 1 : HIRARC's Semi-Quantitative Matrix (Probability vs. Consequences)*, *ResearchGate*. Available at: https://www.researchgate.net/figure/HIRARCs-Semi-Quantitative-Matrix-Probability-vs-Consequences_tbl1_330221236.
- Anonim (2022) 'Mengenal Apa Itu Penilaian Risiko K3, Langkah Dan Cara Melakukannya', 8 April. Available at: <https://mutuinstitute.com/post/penilaian-risiko-k3/>.
- Azka (2024) *√ Contoh Risk Assessment K3: Panduan Praktis untuk Identifikasi dan Evaluasi Risiko*. Available at: <https://tekniksipil.id/contoh-risk-assessment-k3/>.
- Khalid, H. (2023) 'Apa Itu K3 dan Mengapa Itu Sangat Penting?', *Indonesia Safety Center*, 31 March. Available at: <https://indonesiasafetycenter.org/apa-itu-k3-dan-mengapa-itu-sangat-penting>.