

## **Analisis Potensi Bahaya dan Manajemen Risiko pada Stasiun Evaporasi dengan Metode Hazard and Operability (Hazop) Pabrik Gula PT XYZ**

***Analysis of Potential Hazards and Risk Management at Evaporation Stations Using the Hazard and Operability (Hazop) Method at Sugar Factory PT XYZ***

**Dinu Saadillah, Aulia Nadhirah\*, Aditya Nizar Al Ardi, Rini Hardiyani**

Politeknik Negeri Jember

\*Email: aulia.nadhirah@polije.ac.id

(Diterima 07-10-2025; Disetujui 19-01-2026)

### **ABSTRAK**

Keselamatan dan kesehatan kerja memiliki peran penting pada pengendalian risiko operasional industri, salah satunya pada stasiun evaporasi pabrik gula. Proses evaporasi nira menggunakan suhu dan tekanan tinggi berpotensi terjadi berbagai bahaya mulai dari pipa bocor, suhu tinggi pada sekitar stasiun evaporasi, kebisingan hingga semburan uap. Diperlukan identifikasi potensi bahaya dan analisis risiko kecelakaan kerja dengan metode *Hazard and Operability Study* (Hazop). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dalam bentuk observasi lapang, wawancara mendalam hingga dokumen pendukung. Matriks likelihood dan severity digunakan sebagai penilaian risiko sehingga didapatkan tingkat risiko pada berbagai potensi bahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat sembilan potensi bahaya dengan risiko ekstrim 11%, risiko tinggi 50%, dan risiko sedang 22%. Potensi bahaya dengan risiko ekstrim terjadi karena kebocoran pada pipa bertekanan tinggi saat pengaliran uap menuju evaporator. Manajemen risiko dapat dilakukan dengan cara mitigasi risiko yang meliputi pemasangan *safety valve*, inspeksi rutin, sistem ventilasi dan drainase, penggunaan APD, serta pelatihan SMK3. Strategi pengendalian potensi bahaya yang efektif dapat tercapai dengan menerapkan analisis Hazop secara sistematis sehingga tercipta lingkungan kerja yang aman dan *zero accident*.

Kata kunci: Hazop, Manajemen Risiko, Stasiun Evaporasi, Keselamatan Kerja

### **ABSTRACT**

*Occupational safety and health play a crucial role in controlling industrial operational risks, particularly in sugar mill evaporation stations. The high-temperature and high-pressure evaporation process of sugarcane juice has the potential to cause various hazards, including leaking pipes, high temperatures around the evaporation station, noise, and steam emissions. Identification of potential hazards and analysis of occupational accident risks are required using the Hazard and Operability Study (Hazop) method. This study uses a quantitative descriptive approach, including field observations, in-depth interviews, and supporting documentation. Likelihood and severity matrices are used in the risk assessment to determine the risk level of various hazards. The results of the study indicate nine potential hazards, with an extreme risk of 11%, a high risk of 50%, and a moderate risk of 22%. This extreme risk potential hazard occurs due to leaks in high-pressure pipes during the steam flow to the evaporator. Risk management can be implemented through risk mitigation, including the installation of safety valves, routine inspections, ventilation and drainage systems, the use of personal protective equipment (PPE), and SMK3 training. An effective hazard control strategy can be achieved by systematically implementing Hazop analysis to create a safe and accident-free work environment.*

*Keywords:* Hazop, Risk Management, Evaporation Station, Occupational Safety

### **PENDAHULUAN**

Salah satu aspek yang memiliki peran penting dalam pengendalian risiko pada operasional perusahaan yaitu keselamatan dan kesehatan kerja. Selain itu, aspek manajemen risiko juga menjadi landasan utama dalam berbagai sistem keselamatan dan kesehatan kerja pada ruang lingkup industri (Annisa Dwi Febriyanti et al., 2024). Bregas Saputro (2019), mengungkapkan bahwa suatu proses produksi di industri memiliki potensi kecelakaan kerja. Hal tersebut terlihat dari jumlah kecelakaan kerja di berbagai industri yang ada di Indonesia sebanyak 462.241 pada periode januari hingga desember tahun 2024 (Kemnaker, 2024).

Penerapan keselamatan dan kesehatan kerja pada lingkungan kerja mampu meminimalisir risiko kecelakaan kerja di setiap proses kegiatan produksi sehingga K3 menjadi salah satu aspek penting dalam pengendalian risiko operasional perusahaan (Achmad et al., 2020). Perilaku yang tidak aman (*unsafe action*) di lingkungan kerja menjadi penyebab tertinggi terjadinya kecelakaan kerja yaitu sebesar 88%. Selain itu, kondisi lingkungan kerja yang tidak aman juga menyumbang terjadinya kecelakaan kerja sebanyak 10% dengan 2% sisanya tidak diketahui penyebab terjadinya kecelakaan kerja (Hamidah & Inayah, 2025). Oleh sebab itu, perusahaan dapat melakukan analisis manajemen risiko sehingga dapat diketahui pada bagian mana saja potensi bahaya kecelakaan kerja akan terjadi. Hal tersebut dapat menciptakan kondisi lingkungan kerja yang bebas dari kecelakaan kerja atau bahkan luka kecil yang terjadi (Niatilla et al., 2023).

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan gula kristal putih dengan dua tahapan kegiatan yaitu tahap produksi gula dan tahap *maintenance*. Pengolahan gula pada perusahaan ini melewati berbagai tahapan mulai dari proses penimbangan tebu, pemerasan nira, pemurnian, pengupasan, kristalisasi, karbonatasi, pemutaran hingga pengemasan gula kristal.

Stasiun evaporasi memiliki peranan penting dalam proses pemisahan nira dengan air. Pada tahap ini, air dipisahkan dari nira dengan suhu tinggi yang memanfaatkan uap pada stasiun sebelumnya dengan sistem pemanasan bertingkat sehingga dihasilkan nira kental (Hidayat & Jannati, 2021). Pemakaian uap tersebut bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi. Kualitas nira yang baik ditentukan oleh proses evaporasi sehingga menjadi tahapan penting pada keseluruhan proses produksi (Aziz, 2025).

Meskipun mesin evaporator sudah menggunakan teknologi yang modern, potensi bahaya masih mungkin dapat terjadi pada stasiun evaporasi seperti *overpressure*, kebocoran pada pipa, kerusakan pada pompa, hingga suhu melebihi batas parameter yang ditetapkan. Parameter yang tidak sesuai dapat mengganggu proses produksi dan dalam jangka panjang dapat merusak komponen mesin hingga kegagalan sistem kontrol otomatis (Akbar et al., 2020). Risiko tersebut juga dapat menimbulkan ancaman keselamatan bagi para pekerja di stasiun evaporasi sehingga diperlukan pendekatan yang sistematis untuk mencegah potensi bahaya tersebut (Very M et al., 2024).

Hazop (Hazard and Operability Study) merupakan salah satu metode analisis risiko dengan tujuan untuk mengidentifikasi potensi terjadinya bahaya hingga masalah operasional pada suatu proses yang ada di industri (Anwar et al., 2019). Dengan analisis ini, perusahaan juga dapat melakukan langkah-langkah mitigasi kecelakaan dan kerugian sebelum insiden terjadi, meningkatkan efisiensi, memenuhi standar dan regulasi keselamatan, hingga meningkatkan keandalan operasional (Setyadi et al., 2025).

Kompleksitas proses dan potensi risiko yang dapat terjadi pada stasiun evaporasi menjadikan analisis HAZOP ini perlu untuk dilakukan. Hasil analisis HAZOP dapat digunakan untuk memetakan potensi bahaya yang mungkin terjadi sehingga dapat dilakukan strategi mitigasi. Hal ini sesuai dengan konsep *process safety management* sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja ataupun kerugian operasional yang ditimbulkan (S. I. R. Purwanto et al., 2024).

Penelitian ini menitik beratkan pada identifikasi proses produksi pada stasiun evaporasi yang mungkin dapat menimbulkan potensi bahaya minor maupun mayor sehingga dapat digunakan untuk merancang mitigasi dengan tepat dan efektif. Hal tersebut akan berdampak pada tingginya tingkat keselamatan (*zero accident*), peralatan yang andal, dan sistem operasional yang efisien.

## METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan yaitu pendekatan kuantitatif deskriptif dimana data kualitatif dari hasil wawancara dan observasi diolah menjadi data kuantitatif dalam bentuk nilai *risk index* (Putu Gede Subhaktiyasa et al., 2025). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis potensi bahaya pada pekerjaan di stasiun evaporasi dengan menggunakan metode *Hazard And Operability Study*. Pengumpulan data dilakukan dalam bentuk data primer melalui observasi, data sekunder, dan wawancara dengan mengacu pada panduan wawancara secara mendalam. Data sekunder didapatkan dari dokumen pendukung, artikel, maupun jurnal pendukung yang berhubungan dengan penelitian (Sofwatillah et al., 2024). Penelitian ini melibatkan pengawas mutu nira, operator produksi, dan operator *maintenance* di stasiun evaporasi sebagai informan dalam pengumpulan data.

Setelah data terkumpul, dilakukan proses indentifikasi potensi bahaya dan melakukan penilaian risiko dengan mengacu pada *risk index* sehingga dapat diketahui besaran tingkat potensi bahaya, seberapa besar tingkat kemungkinan potensi itu terjadi, dan tingkat keparahan yang akan ditimbulkan jika kejadian tersebut benar-benar terjadi (Faturohman, 2025).

Adapun titik kajian yang digunakan yaitu penentuan objek yang diamati, penyebab pada bagian-bagian yang memengaruhi terjadinya potensi bahaya, dan panduan dalam proses identifikasi kemungkinan terjadinya bahaya (Nando & Yuamita, 2021).

Penentuan nilai risiko digunakan untuk identifikasi potensi bahaya dengan menentukan nilai-nilai *likelihood* dan *severity*) yang mengacu pada tabel *Risk Index*. Penentuan standar nilai risiko dimulai dari menentukan tingkat kemungkinan kejadian (*likelihood*) dengan mengacu pada tabel 1, kemudian menentukan tingkat keparahan (*severity*) dengan mengacu pada tabel 2 sehingga akan didapatkan peringkat risiko.

**Tabel 1. Kriteria Tingkat Kemungkinan Kejadian (*Likelihood*)**

Tingkat	Kriteria	Deskripsi	
		Kualitatif	Kuantitatif
1	Jarang Terjadi	Hampir tidak pernah terjadi, hanya mungkin jika ada kondisi luar biasa atau ekstrim.	< 1 kali / 10 tahun
2	Kemungkinan Kecil Terjadi	Bisa terjadi tetapi peluangnya rendah dan muncul sesekali dalam jangka waktu panjang.	1 kali / 10 tahun
3	Mungkin Terjadi	Ada peluang nyata terjadi walaupun tidak sering dan bisa muncul dalam kondisi operasi normal.	1 kali / 5 tahun – 1 kali / tahun
4	Kemungkinan Besar Terjadi	Relatif sering dan bisa berulang dalam periode tertentu.	> 1 kali / tahun – 1 kali / bulan
5	Hampir Pasti Terjadi	Kejadian sangat sering, hampir selalu muncul jika tidak ada pengendalian.	> 1 kali / bulan

Sumber: UNSW *Health and safety* (2018)**Tabel 2. Kriteria Tingkat Keparahan (*Severity*)**

Tingkat	Kriteria	Deskripsi	
		Keparahan Cidera	Hari Kerja
1	Tidak Signifikan	Kejadian tidak menimbulkan cidera atau kerugian pada manusia	Tidak berdampak pada hilangnya hari kerja
2	Kecil	Cidera yang ditimbulkan ringan dengan kerugian yang kecil dan dampak yang ditimbulkan pada keberlangsungan bisnis tidak serius	Masih dapat bekerja sesuai hari atau <i>shiftnya</i>
3	Sedang	Cidera yang ditimbulkan berat, perawatan rumah sakit namun tidak menimbulkan cacat permanen dengan kerugian finansial yang sedang	Berdampak pada hilangnya hari kerja < 3 hari
4	Berat	Cidera yang ditimbulkan parah hingga mengakibatkan cacat permanen dengan kerugian finansial yang besar sehingga berdampak serius pada keberlangsungan usaha	Berdampak pada hilangnya hari kerja $\geq 3$ hari
5	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dengan kerugian yang parah hingga kegiatan usaha dapat dihentikan untuk selamanya	Berdampak pada hilangnya hari kerja selamanya

Sumber: UNSW *Health and safety* (2018)**Tabel 3. Matriks Risiko**

Skala	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Sumber: UNSW *Health and safety* (2018)**Keterangan :**

	: Ekstrim
	: Risiko Tinggi

	: Risiko Sedang
	: Risiko Rendah

**Tabel 4. Keterangan Nilai Risiko**

Tingkat Risiko	Keterangan
E-Risiko Ekstrim	Kegiatan atau proses operasi industri tidak boleh dilakukan atau diteruskan hingga risiko telah direduksi hingga dihilangkan. Jika risiko tidak memungkinkan untuk direduksi meskipun menggunakan sumberdaya yang terbatas, maka pekerjaan industri tidak boleh dilakukan
T-Risiko Tinggi	Kegiatan atau proses operasi industri tidak boleh dilakukan hingga risiko telah direduksi. Diperlukan pertimbangan alokasi sumberdaya dalam mereduksi risiko. Jika risiko masih berlangsung saat pelaksanaan pekerjaan, maka harus segera dilakukan tindakan
S-Risiko Sedang	Diperlukan tindakan dalam mengurangi risiko dengan mempertimbangkan perhitungan biaya pencegahan dengan teliti dan dibatasi. Pengukuran pengurangan risiko harus diterapkan dalam jangka waktu yang ditentukan.
R-Risiko Rendah	Risiko yang ditimbulkan masih dapat diterima sehingga tidak diperlukan pengendalian tambahan. Namun pemantauan secara berkala masih diperlukan untuk memastikan bahwa pengendalian risiko telah berjalan secara efektif, diterapkan dengan baik dan benar.

Sumber: UNSW *Health and safety* (2018)

Berdasarkan matrik risiko di atas, skor risiko dapat dihitung sehingga didapatkan nilai prioritas dalam melakukan tindakan pencegahan potensi bahaya. Adapun perhitungan skor risiko dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

**Skor Risiko** = Tingkat Kemungkinan Kejadian (*Likelihood*) x Tingkat Keparahan (*Severity*) .... (1)

Setelah didapatkan skor risiko dan nilai prioritas tindakan pencegahan potensi bahaya, diperlukan pengendalian risiko yang merupakan bagian dari manajemen risiko dalam bentuk pendekatan hierarki seperti berikut.

1. Eliminasi

Proses eliminasi dilakukan dengan cara menghilangkan kemungkinan bahaya yang terjadi pada suatu sistem proses atau pada tempat kerja (Sinaga & Nurkertamanda, 2023).

2. Subtitusi

Proses subtitusi dilakukan dengan cara mengganti alat, bahan, material, hingga metode yang dianggap dapat membahayakan sistem proses dengan alat, bahan, material, hingga metode dengan tingkat bahaya yang rendah (Radityo Kusumo & Retno Utami, 2025).

3. Pengendalian Rekayasa

Proses pengedalian rekayasa dilakukan dengan cara mendesain ulang di setiap plan yang ada hingga melakukan proses pergantian, penambahan, atau perbaikan pada peralatan maupun sistem pada proses (Ratri et al., 2016).

4. Pengendalian Administrasi

Proses pengendalian administrasi dilakukan dengan cara memperbaiki atau mengubah sistem kerja pada pekerja yang meliputi perubahan waktu kerja hingga membuat SOP (*Standard Operating Procedure*) yang praktis dan efisien pada setiap pekerjaan (Setiawan et al., 2019).

5. Alat Pelindung Diri

Pemakaian APD (Alat Pelindung Diri) pada pekerja dapat melindungi atau mengurangi paparan maupun kontak langsung dengan sumber bahaya pada sistem proses industri (Akintoye et al., 2025).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penilaian *Likelyhood*, *Severity*, dan Penilaian Risiko

Proses kerja pada stasiun evaporasi melalui berbagai tahapan mulai dari proses pemanasan, proses penguapan bertingkat, dan pemasakan sehingga dihasilkan larutan nira kental. Pada masing-masing tahapan kegiatan tersebut, potensi bahaya dapat terjadi sehingga berdampak pada keberlangsungan operasi hingga keselamatan kerja pada karyawan. Berdasarkan dari hasil observasi lapang dan

wawancara mendalam, terdapat berbagai potensi bahaya yang dapat ditimbulkan dari proses operasi pengolahan nira mentah menjadi nira kental pada stasiun evaporasi seperti paparan panas, lantai kerja yang licin, tumpahan nira panas, hingga peralatan yang beroperasi tidak sesuai dengan mestinya. Pada pekerjaan perawatan juga dapat menimbulkan risiko kecelakaan seperti pada pompa sirkulasi yang dipakai secara berulang namun kurang *maintenance*. Begitu juga pada saat pembersihan jalur nira dengan bahan kimia sehingga diperlukan penilaian risiko untuk memastikan keselamatan kerja maupun mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja.

Penilaian risiko dilakukan dengan cara mengalikan skor dari *likelihood* dengan *severity*. *Likelihood* diartikan sebagai tingkat kemungkinan suatu bahaya dapat terjadi, sedangkan *severity* menggambarkan tingkat keparahan yang ditimbulkan jika kejadian tersebut memang terjadi. Dari hasil perkalian *likelihood* dengan *severity*, didapatkan skor risiko mulai dari kategori rendah, sedang, tinggi, hingga ekstrim dengan mengacu pada tabel 3 matriks risiko. Adapun hasil dari identifikasi, observasi, maupun wawancara didapatkan tabel potensi bahaya dan penilaian risiko sebagai berikut.

Tabel 5. Potensi Bahaya dan Penilaian Risiko

No	Kode	Proses Kerja	Potensi Bahaya	Penyebab	Dampak	Matriks Risiko			Warna	Level Risiko
						L	S	R		
1	A	Pengaliran uap menuju evaporator	Pipa uap mengalami kebocoran	Pipa mengalami korosi atau tekanan yang berlebih	Luka bakar serius	3	4	12		Risiko Ekstrim
2	B	Proses memanaskan nira	Nira dengan suhu tinggi mengalami tumpah	Terjadi keretakan pada pipa atau kebocoran pada valve	Luka bakar sedang hingga serius	3	3	9		Risiko Tinggi
3	C	Pembersihan evaporator	Terpapar bahan kimia pembersih pipa	Pekerja tidak menggunakan APD yang lengkap atau <i>human error</i>	Iritasi pada pernapasan maupun kulit	2	3	6		Risiko Sedang
4	D	Lingkungan kerja pada stasiun evaporasi	Suhu tinggi lingkungan kerja	Sirkulasi udara kurang baik, ventilasi kurang atau panas pada mesin yang berlebih	Dehidrasi hingga kelelahan	4	2	8		Risiko Tinggi
5	E	Area lantai produksi	Lantai yang licin dari kondensat	Sistem pembuangan kondensat yang kurang baik	Cidera ringan karena terpeleset	4	2	8		Risiko Tinggi
6	F	Perawatan pompa dan valve	Semburan uap panas	Valve terbuka saat masih dalam keadaan tekanan tinggi atau <i>safety relief valve</i> tidak bekerja sesuai fungsinya	Luka bakar serius	2	4	8		Risiko Tinggi
7	G	Perawatan pompa dan valve	Jari terjepit	Tidak mengikuti SOP dengan baik atau	Luka ringan hingga luka sedang	3	2	6		Risiko Sedang

No	Kode	Proses Kerja	Potensi Bahaya	Penyebab	Dampak	Matriks Risiko			Warna	Level Risiko
						L	S	R		
8	H	Operasi rutin	Uap atau pompa terlalu bising	Peredam suara kurang maksimal dalam meredam suara atau tidak ada peredam suara	Gangguan pada sistem pendengaran	3	3	9		Risiko Tinggi
9	I	Sistem evaporasi	Tangki meledak	Safety Valve tidak bekerja saat tekanan berlebih pada evaporator	Kerusakan besar hingga kecelakaan fatal	1	5	5		Risiko Tinggi

Sumber: Pengolahan Data Primer (2025)

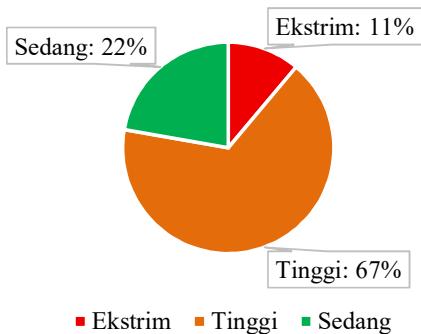
Jika mengacu pada tabel di atas, potensi bahaya sejumlah 9 dengan berbagai operasi kerja pada stasiun evaporasi. Risiko ekstrim pada penilaian risiko sebanyak satu potensi bahaya pada proses kerja pengaliran uap menuju evaporator ketika pipa mengalami korosi atau tekanan yang berlebih sehingga berdampak luka bakar serius pada pekerja. Selain itu, terdapat potensi bahaya dengan risiko tinggi sebanyak 6, dan potensi bahaya dengan risiko sedang sebanyak 2 sehingga dibutuhkan analisis manajemen risiko yang tepat untuk mengatasi potensi bahaya tersebut. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk menjaga keselamatan pekerja maupun mengurangi kecelakaan kerja di stasiun evaporasi.

**Tabel 6. Matriks Skor Risiko Kecelakaan Kerja**

Skala	Tingkat Keparahan (Severity)				
	1	2	3	4	5
5					
4		D, E			
3	G		B, H		A
2		C		F	
1					I

Sumber : Pengolahan Data Primer (2025)

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan persentasi tingkat risiko sebagai berikut.



**Gambar 1. Persentase Tingkat Penilaian Risiko**

Berdasarkan persentase tingkat penilaian risiko, didapatkan bahwa tingkat potensi bahaya dengan risiko ekstrim sebesar 11% sehingga dibutuhkan mitigasi lebih agar proses operasi industri pada stasiun evaporasi dapat berjalan lebih aman tanpa menimbulkan korban jiwa. Sedangkan pada risiko tinggi memiliki tingkat potensi bahaya sebesar 50% sehingga diperlukan identifikasi lebih lanjut karena dapat menimbulkan dicera sedang hingga fatal yang berdampak pada karyawan yang tidak dapat masuk kerja hingga mengganggu proses operasi pada stasiun evaporasi. Aktivitas manajemen risiko yang baik mampu melindungi kesehatan dan keselamatan karyawan sehingga dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman.

### **Analisis Manajemen Risiko**

Tujuan dilakukan analisis manajemen risiko adalah memberikan rekomendasi pengendalian potensi bahaya yang tepat dan efektif dari hasil identifikasi potensi bahaya. Selain itu, analisis manajemen risiko juga dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan evaluasi dari tingkat risiko (Lazuardi et al., 2022). Hal tersebut akan berdampak pada keselamatan dan kesehatan kerja karyawan di stasiun evaporasi yang terjamin dengan baik.

Berdasarkan proses identifikasi, ditemukan sembilan potensi bahaya pada berbagai kegiatan operasi industri di stasiun evaporasi mulai dari proses pengaliran uap, pemanasan nira, pembersihan evaporator, kondisi lingkungan kerja, area lantai produksi, perawatan pompa dan valve, hingga operasi rutin sistem evaporasi.

Tabel matriks risiko di atas menunjukkan bahwa level risiko dengan kategori ekstrim terdapat pada proses mengalirkan uap menuju evaporator dengan potensi bahaya berupa kebocoran pada pipa uap. Kebocoran uap dalam kondisi tekanan yang tinggi dapat menimbulkan luka bakar yang serius. Aktivitas pengendalian potensi bahaya dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pemasangan sistem pengaman tekanan (*pressure relief valve*) (Cană et al., 2025), penggunaan APD tahan panas (Yu et al., 2024), dan inspeksi rutin pada pipa.

Level risiko dengan kategori risiko tinggi terdapat pada enam proses kerja yaitu pada proses pemanasan nira, suhu tinggi di lingkungan kerja, lantai produksi yang licin, semburan uap panas pada saat perawatan pompa atau valve, kebisingan yang ditimbulkan oleh uap dan pompa, hingga potensi ledakan tangki evaporator. Ledakan pada tangki evaporator masuk dalam kategori tinggi dikarenakan pada proses identifikasi potensi bahaya, skor likelihood bernilai 1 yang artinya kejadian tersebut belum pernah terjadi selama mesin evaporator beroperasi.

Berbagai potensi bahaya pada kategori risiko tinggi dapat mengakibatkan luka bakar sedang maupun luka bakar serius, kelelahan, cidera pada anggota tubuh, pendengaran yang terganggu, hingga menimbulkan korban fatal. Adapun upaya pencegahan yang dapat dilakukan dari potensi bahaya tersebut yaitu melakukan perawatan pada pipa atau valve secara berkala, pembuatan sistem ventilasi dan drainase terpadu (Torbat Esfahani et al., 2024), penggunaan material *soundproofing* (Nord, 2022), pengecekan *safety valve* secara berkala, hingga penggunaan APD sesuai standar. Tindakan mitigasi preventif maupun korektif tersebut akan berdampak pada menurunnya tingkat risiko kecelakaan kerja secara signifikan.

Tingkat risiko dengan kategori sedang terdapat pada aktivitas pembersihan evaporator dan perawatan pompa atau valve dengan risiko kecelakaan kerja berupa iritasi kulit dan pernapasan atau cidera ringan sampai sedang pada sebagian kecil anggota tubuh. Cara efektif yang dapat digunakan untuk meminimalisir kecelakaan kerja tersebut berupa penerapan SOP secara ketat (T. S. Purwanto et al., 2023), penerapan sistem LOTO (*lock out tag out*) (Dewi, 2019), pelatihan SMK3 (sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja), dan penggunaan APD lengkap ketika bekerja.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis potensi bahaya pada stasiun evaporasi dengan menggunakan Hazop, didapatkan sembilan potensi bahaya dengan tingkat risiko yang berbeda-beda. Risiko ekstrim terjadi pada kondisi pengaliran uap menuju evaporator dikarenakan kebocoran pipa tekanan tinggi dengan risiko kecelakaan berupa luka bakar serius. Potensi bahaya didominasi dengan risiko tinggi yaitu 50% pada proses pemanasan nira, suhu panas di lingkungan kerja, area lantai licin, kebisingan, semburan uap, dan potensi ledakan tangki evaporator. Sedangkan risiko sedang terjadi pada saat pembersihan evaporator dan perawatan valve atau pompa. Potensi bahaya tersebut dapat dikendalikan dengan berbagai strategi mitigasi dengan mengacu pada hierarki pengendalian bahaya mulai dari eliminasi sumber bahaya, penggunaan APD, pengendalian rekayasa dan administrasi, serta pelatihan SMK3.

Penerapan analisis Hazop ini dapat meningkatkan efektivitas manajemen risiko sehingga tercapai kondisi kerja yang *zero accident* di stasiun evaporasi. Saran untuk penelitian berikutnya yaitu mengintegrasikan metode Hazop dengan pendekatan Bowtie maupun Hiradc sehingga sistem keselamatan dapat dimaksimalkan secara komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Penguapan Pabrik Gula. *STIMA 5.0 Kebangkitan Nasional Digital Era Industri 4.0*, 5, 317–322.
- Kemnaker. (2024). *Kasus Kecelakaan Kerja Tahun 2024*. Satudata Kemnaker. <https://satudata.kemnaker.go.id/data/kumpulan-data/2447>
- Lazuardi, M. R., Sukwika, T., & Kholid, K. (2022). Analisis Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRADC pada Departemen Assembly Listrik. *Journal of Applied Management Research*, 2(1), 11–20. <https://doi.org/10.36441/jamr.v2i1.811>
- Nando, R. N., & Yuamita, F. (2021). Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja dengan Metode Hazard dan Operability Pada Area Kerja Lantai Produksi CV. Lebu Berkah Jaya. *Journal of Industrial Engineering Universitas PGRI Yogyakarta*, 1(1), 17–22.
- Niatilla, S., Kurniawati, D., Ardi, A. N. Al, & Saadillah, D. (2023). The Effect of Occupational Safety and Health on Employee Productivity at PG Wringin Anom Situbondo. *Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi Dan Keuangan*, 4(1), 199–210. <https://doi.org/10.53697/emak.v4i1.1095>
- Nord, M. (2022). *Reducing Noise From Control Valves*. University of North Dakota.
- Purwanto, S. I. R., Yunita Nugrahaini Safrudin, & Hadi Susanto. (2024). Perancangan Sistem Pengendalian Risiko Menggunakan Simplified Bowtie Analysis pada Fasilitas FSO Federal II di PT XYZ. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(5), 1795–1805. <https://doi.org/10.38035/rrj.v6i5.1044>
- Purwanto, T. S., Permana, D. I., Nurbanasari, M., Abdurrachim, & Sirodz, M. P. N. (2023). Failure Analysis of Low-Pressure Evaporator in Heat Recovery Steam Generator with 200 ton/h of Capacity. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 23(6), 2575–2587. <https://doi.org/10.1007/s11668-023-01769-7>
- Putu Gede Subhaktiyasa, Sang Ayu Ketut Candrawati, N. Putri Sumaryani, Ni Wayan Sunita, & Abd. Syakur. (2025). Penerapan Statistik Deskriptif: Perspektif Kuantitatif dan Kualitatif. *Emasains : Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 14(1), 96–104. <https://doi.org/10.59672/emasains.v14i1.4450>
- Radityo Kusumo, H., & Retno Utami, P. (2025). Evaluasi Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proses Push Pull Pickling Line dan Hot Rolled Slitter di Industri Baja PT. AM/NS Indonesia. *Jurnal Lentera Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 36–56. <https://doi.org/10.69883/jlkm.v4i1.62>
- Ratri, M., Sabrina, W., & Widharto, Y. (2016). Analisis Potensi Bahaya Dengan Metode Hazard And Operability Study Melalui Perangkingan Risk Assessment Studi Kasus: Divisi Spinning Unit 4 Ring Yarn Pt Apac Inti Corpora. *Nalisis Potensi Bahaya Dengan Metode Hazard And Operability Study Melalui Perangkin*. *Nalisis Potensi Bahaya Dengan Metode Hazard and Operability Study Melalui Perangkingan Risk Assessment Studi Kasus: Divisi Spinning Unit 4 Ring Yarn Pt Apac Inti Corpora*, 2(1), 1–7.
- Setiawan, E., Tambunan, W., & Kuncoro, D. K. R. (2019). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Hazard Analysis Risk Analysis of Occupational Safety and Health Using Hazard .... *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 3(2), 95–103. <https://core.ac.uk/download/pdf/325945217.pdf>
- Setyadi, N. H., Barung, T. P., Damai, P., & Hamijaya, N. (2025). *Analisis Manajemen Risiko pada Proses PT . Multiply Sarana Indotama : dengan Metode Human Research Analysis dan*. 06(01), 107–123.
- Sinaga, L. S., & Nurkertamanda, D. (2023). Analisis Resiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Area Produksi dengan Metode Job Safety Analysis di PT. Pabrik Es Siantar. *Industrial Engineering Online Journal*, 12(2). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/38375>
- Sofwatillah, Risnita, Jailani, M. S., & Saksitha, D. A. (2024). Teknik Analisis Data Kuantitatif dan Kualitatif dalam Penelitian Ilmiah. *Journal Genta Mulia*, 15(2), 79–91.
- Torbati Esfahani, M., Awolusi, I., & Hatipkarasulu, Y. (2024). Heat Stress Prevention in Construction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Risk Factors and Control Strategies.

*International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(12), 1–26.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph21121681>

Very M, P., Arief Ika, U., & Pandu, P. (2024). Identifikasi Bahaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Stasiun Klarifikasi Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC). *Jurnal Agroforetech*, 2(3), 1576–1583.

Yu, X., Xue, F., Zhu, D., & Ke, Y. (2024). Review on the protection properties of thermal protective clothing against hot liquids and steam. *Journal of Industrial Textiles*, 54, 1–24.  
<https://doi.org/10.1177/15280837241306017>