

IDENTIFIKASI BAHAYA DAN EVALUASI RISIKO *STEAM DRUM* DENGAN HAZOP DI INDUSTRI PETROKIMIA

Rachmadi Tutuka^{1*}, Arizal Abdul Aziz¹, Rohiman Ahmad Zulkipli¹, Dennis Farina Nury¹

¹Program Studi Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten, Jalan Raya Karang Bolong, Cikoneng, Kec. Anyar, Kab. Serang, Banten 42166

*email : rachmaditutuka@gmail.com

Abstrak

Steam drum merupakan salah satu komponen utama dalam sistem boiler pada unit Steam Cracker Unit yang berperan penting dalam proses pemisahan uap dan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya serta mengevaluasi risiko pada steam drum menggunakan metode Hazard and Operability Study (HAZOP). Parameter yang dianalisis meliputi tekanan, level air, suhu, dan aliran steam. Setiap penyimpangan (deviation) dianalisis berdasarkan penyebab (cause), dampak (consequence), serta rekomendasi mitigasi (recommendation) untuk meningkatkan keselamatan proses. Hasil analisis menunjukkan beberapa risiko dengan kategori High Risk seperti overpressure, low water level, dan high temperature dengan nilai risk ranking sebesar 16. Rekomendasi mitigasi meliputi perawatan berkala, kalibrasi sensor, penambahan sistem alarm, serta penguatan prosedur operasional. Penerapan metode HAZOP dinilai efektif dalam membantu identifikasi bahaya dan penentuan strategi mitigasi pada steam drum boiler, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan keandalan proses di industri petrokimia.

Kata Kunci : *Steam drum, Boiler, Risiko, HAZOP, Industri Petrokimia*

Hazard Identification and Risk Evaluation of *Steam drum* with HAZOP in Petrochemical Industry

Abstract

The steam drum is one of the main components in the boiler system at the Steam Cracker Unit, serving an important role in the separation of steam and water. This study aims to identify hazards and evaluate risks in the steam drum using the Hazard and Operability Study (HAZOP) method. Parameters analyzed include pressure, water level, temperature, and steam flow. Each deviation was analyzed based on its causes, consequences, and mitigation recommendations to improve process safety. The results showed several high-risk deviations such as overpressure, low water level, and high temperature, with a risk ranking value of 16. Recommended mitigation actions include regular maintenance, sensor calibration, installation of alarm systems, and strengthening of operational procedures. The application of the HAZOP method is considered effective in identifying hazards and determining mitigation strategies for steam drum boilers, thereby improving safety and process reliability in the petrochemical industry.

Keywords: *Steam drum, Boiler, Risk, HAZOP, Petrochemical Industry*

PENDAHULUAN

Industri petrokimia merupakan sektor vital yang menyuplai bahan baku penting bagi berbagai produk kimia, plastik, dan energi. Salah satu unit kunci dalam industri ini adalah sistem boiler, yang keberadaannya menunjang kelangsungan proses produksi melalui pembangkitan uap.

Namun, operasi steam drum dalam boiler menyimpan berbagai potensi bahaya seperti overpressure, kebocoran, hingga ledakan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis risiko secara sistematis dan komprehensif.

Sistem *steam* bertugas mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* di dalam *boiler*, dengan pemantauan dilakukan melalui *pressure indicator* dan *heat indicator* (Afuza, 2021).

Adapun sistem bahan bakar, melibatkan peralatan yang berfungsi untuk menyediakan bahan bakar bagi *burner*, sehingga dapat menghasilkan energi panas. Jenis peralatan yang dibutuhkan dalam sistem pembakaran ini bervariasi tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan, seperti batu bara, minyak, atau gas (Rosyid, 2021).

Dalam pengoperasiannya, *steam drum* memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat berdampak serius terhadap keselamatan personal dan efisiensi produksi (Arizqi, 2023; Hidjrawan et al., 2024). Jika terjadi risiko *overpressure*, *Level* air tidak memenuhi standar, kebocoran, *overheating*, dan lainnya dapat mengganggu proses secara signifikan, mulai dari penurunan performa hingga kecelakaan fatal seperti ledakan *boiler*. Oleh karena itu, diperlukan metode yang dapat menganalisis secara sistematis untuk

mengidentifikasi dan mengevaluasi bahaya tersebut (Mukmin & Tejamaya, 2022).

Metode *Hazard and Operability Study (HAZOP)* adalah salah satu metode yang banyak digunakan dalam analisis risiko di industri Petrokimia. *HAZOP* merupakan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan penyimpangan operasional (Nurjaman et al., 2021). Beberapa kajian yang dapat dianalisis terhadap parameter proses yaitu *pressure*, temperatur, *flow* dan *Level*. Dengan ini, setiap potensi penyimpangan dapat dianalisis secara detail untuk menentukan penyebab, konsekuensi, serta tindakan mitigasinya.

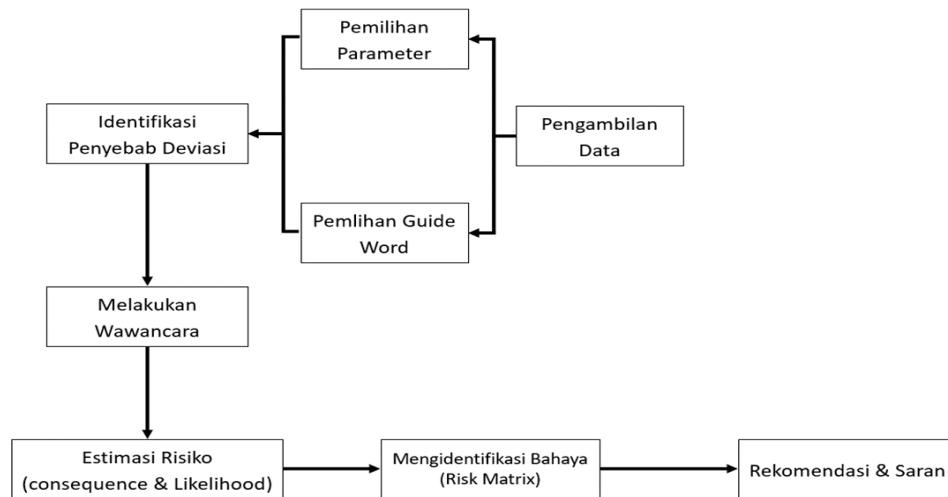
Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis potensi risiko yang terdapat pada *steam drum* boiler di unit *Steam Cracker Unit Cracker* menggunakan metode HAZOP. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan aspek keselamatan proses (*process safety*) dan efisiensi operasional di industri petrokimia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode *Hazard and Operability Study (HAZOP)* yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan mengevaluasi risiko pada komponen *steam drum* dalam sistem boiler unit *Steam Cracker Unit Cracker* di salah satu industri petrokimia di Banten. Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Februari–April 2024. Objek penelitian adalah proses operasional *steam drum* yang dianalisis terhadap kemungkinan terjadinya deviasi operasional. Data diambil menggunakan metode *purposive sample*, dimana informan dan data yang relevan dengan kegiatan operasional dan proses pemantauan *steam drum*.

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui dua sumber utama, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari lapangan melalui kegiatan observasi

terhadap proses operasional *steam drum* serta wawancara mendalam dengan operator dan supervisor yang terlibat dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem boiler.



Gambar 1. Kerangka prosedur

Langkah-langkah dalam penelitian ini mengacu pada penerapan sistematis metode HAZOP, seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dan diuraikan sebagai berikut:

1. Identifikasi parameter proses: tekanan, level air, suhu, dan aliran uap.
2. Penentuan node: titik-titik kritis dalam proses steam drum.
3. Penentuan *guide word* untuk mengidentifikasi deviasi.
4. Analisis penyebab dan konsekuensi deviasi berdasarkan wawancara dan observasi.
5. Penilaian risiko menggunakan metode *risk matrix* berdasarkan konsekuensi dan kemungkinan (*likelihood*).
6. Formulasi rekomendasi mitigasi berdasarkan hasil analisis deviasi dan kategori risiko.

Tabel 1. Menentukan *Risk Matrix*

<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>			
	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>	<i>Catastrophic</i>
<i>Rare (1)</i>	1	2	3	4
<i>Unlikely (2)</i>	2	4	6	8
<i>Possible (3)</i>	3	6	9	12
<i>Likely (4)</i>	4	8	12	16

$Risk = (Consequence) \times (Likelihood)$
Risk Matrix digunakan untuk menilai tingkat risiko (risk ranking) dengan rumus:

$$Risk\ Ranking = Consequence \times Likelihood \quad (1)$$

Penilaian konsekuensi dan kemungkinan diklasifikasikan dalam empat tingkatan (1–4) sesuai dengan standar HAZOP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis risiko diperlukan untuk mengetahui kemungkinan bahaya yang terjadi pada *node* pada *steam drum*

boiler. Dengan adanya analisis risiko, mitigasi akan diterapkan untuk mengurangi kecelakaan kerja dan mencegah gangguan pada sistem *boiler*. Dari data yang telah diambil pada observasi lapangan dan wawancara terhadap beberapa karyawan, berikut data pada Tabel 2.

Tabel 2. *Risk Ranking*

No	Deviation	Consequence	Likelihood	Risk Ranking
1	Overpressure Steam drum	4	4	16
2	Low Pressure Steam drum	3	2	6
3	High Water Level Steam drum	3	4	12
4	Low Water Level Steam drum	4	4	16
5	High Temperatur Steam drum	4	4	16
6	Low Temperatur Steam drum	2	3	6
7	Kebocoran pada Pipa	3	3	9

Terdapat 7 *deviation* yang di analisis pada penelitian ini. Berikut kondisi dan jumlah *risk ranking* pada *deviation* tersebut *overpressure* 16 (*High risk*), *low pressure* 6 (*medium*), *high water level* 12 (*high risk*), *low water level* 16 (*high risk*),

high temperature 16 (*high risk*), *low temperature* 6 (*medium*), dan kebocoran pada pipa 9 (*medium*). Untuk melakukan perhitungan *risk ranking* dapat dilihat pada tabel 2.

Dari hasil analisis dan penghitungan *risk ranking* tersebut *steam boiler* memerlukan *safeguard*, mitigasi, dan inspeksi secara rutin supaya dapat memantau dan mencegah terjadinya kecelakaan yang mengakibatkan kecelakaan kerja dan kerugian materi.

Berdasarkan *node* yang diambil dalam mengidentifikasi bahaya dan menganalisis risiko dengan metode HAZOP pada *steam drum boiler*. Data yang dikumpulkan melalui observasi,

studi literatur, dan wawancara. Dengan data yang sudah terkumpul akan di analisis dan diolah menjadi *consequence* dan *likelihood* (Lutvi et al., 2024; Mboni et al., 2024).

Analisis Cause

Cause dapat ditentukan berdasarkan *deviation* (Rahmah et al., 2023). Terjadinya *deviation* pada *steam drum* dikarenakan adanya kegagalan pada komponen atau proses.

Tabel 3. *Cause*

No	<i>Deviation</i>	<i>Guide Word (Kata Kunci)</i>	<i>Cause</i>
1	<i>Overpressure Steam drum</i>	<i>More Pressure</i>	1. Katup pengaman tidak berfungsi 2. Sistem kontrol tekanan gagal 3. Pemanasan berlebihan
2	<i>Low Pressure Steam drum</i>	<i>Less Pressure</i>	1. Kebocoran steam 2. Gangguan pada pembakaran/furnace 3. Kerusakan pompa air umpan
3	<i>High Water Level Steam drum</i>	<i>More Level</i>	1. Sensor <i>Level</i> rusak 2. Sistem kontrol <i>Level</i> gagal 3. Ketidakseimbangan antara input dan output steam
4	<i>Low Water Level Steam drum</i>	<i>Less Level</i>	1. Kebocoran tangki 2. Gangguan pada sistem feedwater 3. Ketidakseimbangan antara input dan output steam
5	<i>High Temperatur Steam drum</i>	<i>More Temperatur</i>	1. Sistem kontrol suhu rusak 2. kurangnya <i>flow feed water</i> 3. Pemanasan berlebih
6	<i>Low Temperatur Steam drum</i>	<i>Less Temperatur</i>	1. Gangguan pada sistem pemanas 2. Ketidakseimbangan pasokan energi 3. Kebocoran yang mengurangi efisiensi pemanasan
7	Kebocoran pada Pipa	<i>Less Pressure</i>	1. Tekanan berlebihan 2. Material pipa aus atau korosi 3. Kegagalan sambungan las

Analisis Consequence

Untuk menentukan *consequence* dapat dilakukan secara kualitatif dengan cara melihat dari kerusakan.

Tabel 4. *Consequence*

No	Deviation	Level	Consequence
1	Overpressure steam drum	4 (Catastrophic)	bisa di menyebabkan umur pakai berkurang, gangguan pada alat proses lainnya bahkan bisa menyebabkan ledakan jika tidak segera di tangani
2	Low pressure steam drum	3 (Major)	Lowpressure menyebabkan kerak pada tube, perubahan fasa tidak optimal, yang menyebabkan steam basah terbawa ke proses
3	High Water Level Steam drum	3 (Major)	Berpotensi membuat steam basah dan carryover (air terbawa ke sistem steam) dapat merusak alat proses berikutnya.
4	Low Water Level Steam drum	4 (Catastrophic)	dapat menyebabkan High temperature, umur pakai berkurang, kebocoran pada tube hingga ledakan.
5	High temperature	4 (Catastrophic)	Berpotensi umur pakai boiler berkurang berkurang, dan menyebabkan termal deformation.
6	Low temperature	2 (Moderate)	Menyebabkan water high level, water hammer, pembentukan steam tidak optimal.
7	Kebocoran pada pipa	3 (Major)	Mengurangi efisiensi pada boiler, pressure terbang, ketidakseimbangan outlet dan inlet pada steam drum

Berdasarkan tabel di atas, ditemukan adanya beberapa deviation operasional yang memiliki consequence yang tinggi terhadap sistem operasional ataupun alat itu sendiri. Deviation

overpressure, water level terlalu rendah, dan high temperature memiliki konsekuensi catastrophic (4), yang dapat menyebabkan sistem shutdown hingga ledakan (Kusumastuti et al., 2024).

Rekomendasi Mitigasi

Dari hasil analisis data Tabel 3 dan 4, beberapa deviation operasional pada steam drum boiler mempunyai dampak yang dapat merusak dan mengganggu operasional. Jadi, harus adanya langkah-langkah mitigasi yang efektif untuk mencegah dan mengurangi deviation tersebut sebagai berikut:

Tabel 5. Rekomendasi Mitigasi

No	Deviation	Guide Word (Kata Kunci)	Rekomendasi Mitigasi
1	Overpressure di Steam drum	More Pressure	1. Perawatan dan inspeksi katup pengaman 2. Pemasangan PSV tambahan

2	<i>Low Pressure di Steam drum</i>	<i>Less Pressure</i>	3. Pengendalian sistem <i>furnace</i>
			1. Monitoring tekanan secara real-time
			2. Pemeliharaan pompa dan suplai bahan bakar
3	<i>High Water Level Steam drum</i>	<i>More Level</i>	3. Inspeksi pipa secara berkala
			1. Kalibrasi sensor secara berkala
			2. <i>Emergency blowdown</i>
4	<i>Low Water Level Steam drum</i>	<i>Less Level</i>	3. SOP pengisian air yang lebih ketat
			1. Sistem alarm <i>Level</i> rendah
			2. Pemeliharaan pompa feedwater
5	<i>High Temperatur Steam drum</i>	<i>More Temperatur</i>	3. Prosedur darurat matikan <i>furnice/auto shutdown</i>
			1. Alarm suhu tinggi
			2. Pemeliharaan sensor suhu
6	<i>Low Temperatur Steam drum</i>	<i>Less Temperatur</i>	3. <i>auto shutdown</i>
			1. Pemasangan sistem kontrol suhu Otomatis
			2. Memastikan pasokan energi ke <i>furnace</i> efisien untuk menghindari penurunan suhu.
7	<i>Kebocoran pada Pipa</i>	<i>Less Pressure</i>	1. Pengecekan sambungan dan las secara berkala
			2. Inspeksi termal dan ultrasonik
			3. SOP penanganan kebocoran

Dengan menerapkan rekomendasi mitigasi ini, diharapkan risiko yang diakibatkan oleh *deviation* operasional pada *steam drum boiler* dapat dikurangi secara signifikan, yang pada akhirnya akan meningkatkan keselamatan dan

KESIMPULAN

Metode HAZOP efektif digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko pada steam drum boiler. Hasil analisis menunjukkan tiga risiko dengan tingkat *catastrophic*, tiga *major*, dan satu *moderate*. Risiko tersebut

kesehatan kerja serta menjaga kinerja sistem tetap optimal (Mukmin & Tejamaya, 2022).

disebabkan oleh kegagalan komponen seperti PSV, sensor, serta adanya kebocoran dan ketidakseimbangan sistem. Rekomendasi dan mitigasi hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu implementasi, perbaikan kebijakan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018

Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja khususnya di industri Petrokimia, yang berfokus pada pengurangan risiko, penyediaan lingkungan kerja yang aman, dan peningkatan keselamatan karyawan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afuza, D. (2021). Evaluasi Waste Heat Boiler (WHB B-1104) Menggunakan Data Desain dan Data Aktual Pada Unit Sulfuric Acid Departemen Produksi III A PT. Petrokimia Gresik. *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Surabaya*, 99–104.
- Arizqi, F. S. (2023). The Risk Assessment Pada Pengoperasian Boiler TWA di Unit Boiler PPSDM MIGAS Cepu Menggunakan Metode HAZOP. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 13(2), 33–44. <https://doi.org/10.37525/sp/2023-2/468>
- Hidjrawan, Y., Hartati, R., Marlinda, M., & Ariansyah, W. (2024). Identifikasi Potensi Bahaya pada Stasiun Boiler Menggunakan Metode Hirarc di PT. Syaukath Agro. *Jurnal Optimalisasi*, 10(1), 114. <https://doi.org/10.35308/jopt.v10i01.9292>
- Kusumastuti, T., Eliza, C. P., Hanifah, A. N., & Choirala, Z. M. (2024). Identifikasi bahaya dan metode identifikasi bahaya pada proses industri dan manajemen risiko. *Environment Education and Conservation*, 1(1), 37–50. <https://doi.org/10.61511/educo.v1i1.2024.527>
- Lutvi, R., Rachmadhani, M. M., Tosofu, A. Z., Mbisikmbo, M., & Supriatna, I. I. (2024). Analisa Risiko Menggunakan Metode Likelihood Dan Consequence Risk Matriks. *Industrial Engineering Journal – System*, 2(02), 67–77. <https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/iej/article/view/3573>
- Mboni, L., Amri, I., Parany, F. D., Rumwokas, J., & Masniar. (2024). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Perusahaan Latanza Menggunakan Metode Likelihood Dan Consequence Risk Matriks. *IEJS Industrial Engineering Jurnal System UNAMIN*, 02(2), 78–83. <https://www.ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/iej/article/view/3580>
- Mukmin, Y., & Tejamaya, M. (2022). Potential Hazard Identification of Oil and Gas Treatment Offshore Platform (Case Study: Gas Compressor at PT. X). *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia*, 5(6), 744–756. <https://doi.org/10.56338/mppki.v5i6.2536>
- Nurjaman, J., Agustina, S., & Kosimaningrum, W. E. (2021). Studi Analisis Resiko Pada Fasilitas Pencampuran Dan Pengisian Di Industri Minyak Pelumas Menggunakan Integrasi Hazop (Hazard and Operability) Dengan Lopa (Layer of Protection Analysis). *Jurnal Integrasi Proses*, 10(2), 109. <https://doi.org/10.36055/jip.v10i2.11782>
- Rahmah, S. N., Setia Budhi, A., & Alfi Alvian, M. Y. (2023). Analisis Potensi Bahaya Dengan Metode Hazop (Hazard and Operability Study). *Jurnal LOGIC (Logistics & Supply Chain Center)*, 1(2), 49–58. <https://doi.org/10.33197/logic.vol1.i ss2.2022.983>
- Rosyid, Y. R. (2021). Magang Industri VM 191667 Manajemen Perawatan pada Boiler Utilitas Batu Bara PT. Petrokimia Gresik. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–84.