

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Troubleshooting merupakan suatu proses untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya masalah atau gangguan dengan tujuan meminimalkan risiko serta kerugian yang ditimbulkan akibat permasalahan tersebut. Dalam penyusunan *troubleshooting*, diperlukan pendefinisian kondisi abnormal melalui pemahaman terhadap kondisi normal suatu sistem terlebih dahulu. Oleh karena itu, *troubleshooting* membutuhkan catatan kondisi dasar (normal) serta tren data dari peralatan maupun sistem sehingga proses *troubleshooting* dapat dikategorikan sebagai bentuk *predictive maintenance* yang dilakukan setelah terjadinya kegagalan (*failure*) (Dewi, 2019).

Salah satu sektor industri yang memiliki tingkat risiko tinggi adalah kawasan industri kimia. Risiko tersebut muncul dari potensi bahaya yang berasal dari bahan-bahan yang diproses, disimpan, dan ditangani di dalam fasilitas industri. Potensi terjadinya berbagai kecelakaan pada kawasan industri kimia jauh lebih besar dibandingkan dengan pabrik kimia yang berdiri secara terpisah. Selain itu, jarak yang berdekatan antara instalasi proses dan tangki penyimpanan dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya efek domino yang berantai apabila terjadi kecelakaan. Oleh sebab itu, pengendalian risiko harus selalu dilakukan dan menjadi tantangan tersendiri dalam pengelolaan kawasan industri tersebut. Sebagai upaya untuk mengurangi potensi bahaya dan mencegah timbulnya kerugian, baik dari aspek bisnis, pelanggaran hukum, maupun hilangnya reputasi perusahaan akibat kecelakaan kerja dan bencana industri, maka dilakukan QRA (*Quantitative Risk Analysis*) (Rifai, 2021).

Quantitative Risk Analysis (QRA) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi faktor-faktor yang berpotensi menghambat keberhasilan suatu proyek atau pencapaian tujuan tertentu. Teknik ini juga berfungsi untuk membantu menentukan langkah-langkah pencegahan guna mengurangi kemungkinan terjadinya faktor-faktor risiko tersebut serta mengidentifikasi tindakan yang perlu dilakukan apabila risiko benar-benar terjadi. Tujuan utama penerapan QRA adalah mengurangi risiko akut pada fasilitas pabrik yang mengolah bahan-bahan berbahaya. Salah satu metode yang saat ini banyak digunakan dalam industri untuk menganalisis dan mengidentifikasi bahaya pada suatu plant adalah metode HAZOP (*Hazard and Operability Analysis*). HAZOP merupakan teknik analisis bahaya yang digunakan sebagai bagian dari persiapan penetapan sistem keamanan guna mengidentifikasi keberadaan potensi bahaya. Penggunaan metode HAZOP bertujuan untuk

menentukan apakah penyimpangan yang terjadi dalam proses dapat menyebabkan kejadian yang tidak diinginkan (Sabrina, 2019).

Analisis bahaya menggunakan metode HAZOP dilakukan berdasarkan identifikasi deviasi atau penyimpangan dari kondisi operasi normal suatu proses. Selain melakukan identifikasi dan penanganan kecelakaan kerja yang berkaitan dengan sistem keselamatan plant, diperlukan pula penerapan manajemen risiko yang bertujuan meminimalkan kerugian apabila bahaya yang telah diprediksi benar-benar terjadi. Di samping itu, manajemen risiko juga memiliki fungsi preventif untuk mencegah terjadinya kerugian tersebut (Musyafa, 2013).

Pemilihan metode HAZOP dalam penyusunan Bab 6 *Troubleshooting* didasarkan pada karakteristik metode ini yang sangat terstruktur dan sistematis sehingga mampu menghasilkan kajian yang komprehensif. Secara umum, prosedur penyusunan HAZOP menurut Prakoso (2016) meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan gambaran atau deskripsi proses secara lengkap dan menyeluruh pada suatu plant.
- b. Membagi sistem menjadi beberapa subsistem yang lebih kecil. Pada tahap ini tidak terdapat ketentuan khusus terkait metode pembagian subsistem yang digunakan.
- c. Menginvestigasi kemungkinan terjadinya penyimpangan pada setiap subsistem dengan memanfaatkan kata kunci (*guide words*) untuk mempermudah proses analisis.
- d. Mengidentifikasi berbagai kemungkinan penyebab yang dapat menimbulkan penyimpangan tersebut.
- e. Menentukan tindakan proteksi yang sesuai untuk setiap penyimpangan yang terjadi pada masing-masing elemen sistem.

6.1 Analisa HAZOP pada Unit Penyimpanan

Bahan baku pembuatan *vinyl chloride monomer* ($\text{CH}_2\text{H}_3\text{Cl}$) dalam desain pra-rancangan pabrik ini adalah *ethylene dichloride* ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$). Bahan baku EDC disimpan dalam fase cair dalam TK-101. Analisis HAZOP pada tahap unit penyimpanan bahan baku ditabulasikan dalam Tabel berikut.

Tabel 6.1 Analisa HAZOP pada Unit Penyimpanan

Equipment/Unit: Tahap Penyimpanan Bahan Baku									
Intention: Menyimpan Bahan Baku dalam Tangki Penyimpanan									
No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation	
	Tangki Penyimpanan <i>Ethylene dichloride</i> (TK-101)	Wadah penampung EDC berwujud cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.	<i>None</i>	<i>No feed flow</i>	Ti adanya aliran umpan menuju inlet	Reaksi tidak berlangsung di dalam tangki penyimpanan	<i>Level Control</i>	Memenuhi pasokan umpan sesuai dengan keperluan ataupun daya tampung pabrik	

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
			<i>More of</i>	<i>Excessive feed flow</i>	- Sistem mengalami <i>malfunction</i> - Volume umpan yang masuk pada inlet berlebih	- Beberapa parameter seperti konversi reaksi, suhu, dan tekanan naik. - Berpotensi memunculkan ketidaksesuaian dengan spesifikasi produk yang diinginkan - Berisiko menimbulkan <i>thermal explosion</i> akibat <i>reaction rate</i> tinggi pada reaksi eksotermis	<i>Level control</i>	- Pemasangan <i>flow meter</i> serta <i>flow alarm</i> - Pengawasan terhadap umpan pada inlet
				<i>High Pressure</i>	<i>Malfunctioned</i>	Pipa mengalami kebocoran	<i>Pressure Control</i>	Pelaksanaan inspeksi dan perawatan valve secara terjadwal

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
				<i>High Temperature</i>	Suhu umpan mengalami kenaikan	Produk berisiko rusak dan dapat memicu <i>thermal explosion</i>	<i>Temperature Control</i>	Penurunan suhu pada aliran umpan
			<i>Less of Flow</i>	<i>Low Feed Flow</i>	Sistem mengalami <i>malfunction</i>	Efisiensi menurun	<i>Flow Control</i> dan <i>Level Control</i>	Pelaksanaan inspeksi dan perawatan <i>valve</i> secara terjadwal
				<i>Low Pressure</i>	Sistem mengalami <i>malfunction</i>	Efisiensi menurun	<i>Pressure Control</i>	Pemasangan <i>flow meter, flow alarm, & perawatan valve</i> secara berkala
			<i>More than</i>	- Kandungan impuritas tinggi - Perubahan fase	- Umpan <i>inlet feed line</i> terkontamina si impuritas - Suhu umpan berubah	- Efisiensi reaksi menurun - Produk berisiko terkontaminasi - Muncul potensi kebocoran bahkan ledakan	<i>Temperature Control</i> dan <i>Flow Control</i>	Memastikan mutu, pengujian terhadap bahan baku, disertai inspeksi dan perawatan <i>valve</i> secara berkala, serta pemantauan suhu umpan

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
			Other	Aliran tidak tersedia	Terjadi pemadaman listrik (<i>power outage</i>)	Reactor inactive	Flow Control	- Menonaktifkan sistem lalu mengaktifkannya kembali
				Start up tidak berhasil	Sistem kontrol tidak berfungsi			- Pengecekan sistem disertai inspeksi dan perawatan berkala

6.2 Analisa HAZOP pada Unit Persiapan Bahan Baku

Pada unit persiapan bahan baku, *Ethylene Dichloride* yang berasal dari tangki penyimpanan (TK-101) dan *ethylene dichloride* yang berasal dari *bottom product* menara distilasi, akan dialirkan menuju *mixer* (MX-101) dengan pompa sentrifugal (P-101). EDC yang dalam kondisi murni akan dialirkan menuju *vaporizer* (V-101) untuk diubah fasenya menjadi gas. Hasil analisa HAZOP pada unit persiapan bahan baku ditabulasikan pada Tabel berikut.

Tabel 6.2 Analisa HAZOP pada Unit Persiapan Bahan Baku

Equipment/Unit: Unit Persiapan Bahan Baku									
Intention: Mengalirkan fluida dalam fase cair dan gas									
No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation	
1	Centrifugal Pump	Berfungsi mengalirkan fluida berwujud cair	None	Flow	- Motor atau pipa mengalami kerusakan - Aliran listrik terputus - Impeller tersumbat - Terbentuk endapan padatan yang terbawa fluida pada dinding pompa dan pipa pengalir bahan baku	- Pompa gagal menyala dan bekerja secara optimal - Proses pemindahan fluida terganggu	Flow Control	- Perbaikan pada motor dan pompa, serta pemeriksaan aliran listrik secara berkala - Pembersihan pompa dan impeller secara berkala	

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
			<i>Less of</i>	<i>Flow</i>	- Pompa mengalami gangguan parsial - <i>Shaft</i> bengkok - <i>Bearing</i> rusak - <i>Impeller</i> tersumbat	Aliran fluida yang sampai menjadi minim untuk proses berikutnya	<i>Flow Control</i>	- Pemeriksaan <i>maintenance procedure</i> dan jadwal perawatan pompa secara berkala - Penggantian shaft
			<i>More of</i>	<i>Pressure</i>	- Tekanan head terlalu tinggi - Sumbatan terjadi pada pipa pengisapan dan saringan	- Tidak ada fluida pada <i>head</i> - Terjadi kavitasi	<i>Flow Control</i> dan <i>Pressure Control</i>	- Pemeriksaan pipa pada jalur akhir disertai pembersihan pipa - Pembersihan impeller
			<i>More of</i>	<i>Temperature</i>	Pengolahan bahan dengan suhu tinggi	Munculnya kavitasi	<i>Flow Control</i> dan <i>Temperature Control</i>	Pelaksanaan <i>maintenance</i> guna mengeluarkan gelembung udara pada pompa

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
2	Mixer	Berfungsi menghomogenkan <i>ethylene dichloride</i> dari tangki penyimpanan dan <i>recycle</i>	Less of	Temperature	Pelumas digunakan secara berlebihan	Kemurnian bahan baku akan menurun	Temperature Control dan Flow Control	Pemeriksaan <i>maintenance</i> dan <i>procedure</i> static mixer secara berkala
			More of	Temperature	- Pelumas mengalami kekurangan - Pemilihan jenis pelumas kurang sesuai	Mixer berisiko meledak dan tingkat kemurnian bahan baku menurun	Temperature Control	- Penjagaan kebutuhan oli pada level yang sesuai - Penjagaan pasokan udara untuk sirkulasi kipas pada motor <i>mixer</i> secara berkala

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
3	Vaporizer	Berfungsi menaikkan suhu <i>ethylene dichloride</i> dan mengubah fasenya menjadi gas	Less of	Temperature	Fungsi <i>vaporizer</i> tidak optimal	Suhu pada reaktor terlalu rendah	Temperature Control	Pemeriksaan <i>maintenance procedure</i> dan jadwal perawatan <i>vaporizer</i> secara berkala
			More of	Temperature		Efisiensi reaksi pada reaktor menurun		Pemasangan alarm apabila suhu berlebih disertai pengontrol pada instrumen-instrumen penting

6.3 Analisa HAZOP pada Unit Pembentukan Produk

Unit pembentukan produk terjadi di dalam *Furnace* dengan jenis *multitubular furnace* karena terdapat reaktor yang berbentuk *tubular coil* yang disebut sebagai *plug flow reactor* (PFR) dengan keluaran reaktor yaitu VCM, HCl dan EDC yang tidak bereaksi. Hasil analisa HAZOP pada unit pembentukan produk ditabulasikan pada Tabel berikut.

Tabel 6.3 Analisa HAZOP pada Unit Pembentukan Pabrik

Equipment/Unit: Unit Pembentukan Produk									
Intention: Mereaksikan <i>ethylene dichloride</i> menjadi <i>vinyl chloride monomer</i> dan asam klorida									
No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation	
1	Furnace	Berfungsi sebagai tempat reaksi <i>ethylene dichloride</i> menjadi <i>vinyl chloride monomer</i> dan asam klorida	More of	Temperature	Suhu EDC berlebih	Muncul reaksi samping	Temperature Control	Penurunan suhu dengan memastikan sistem pendinginan berjalan efektif	
			Less of	Temperature	Suhu EDC terlalu rendah	Kondisi operasi tidak tercapai pada suhu yang ditentukan	Temperature Control	Penginjeksian steam	

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
			<i>None of</i>	<i>Flow</i>	- Pipa mengalami penyumbatan - <i>Control valve</i> mengalami kegagalan - Pompa mengalami kegagalan - Tekanan pada reaktor terlalu tinggi	- Umpan tidak masuk ke Furnace - Perbandingan antarbahan tidak sesuai - Furnace mengalami <i>flooding</i> - Berpotensi terjadi <i>back flow</i>	<i>Flow Control</i>	Pelaksanaan <i>maintenance</i> untuk <i>flow control</i> pada Furnace, disertai pemasangan <i>indicator</i> di reaktor
			<i>Reverse</i>	<i>Flow</i>	Kontrol suhu di Furnace mengalami kegagalan	Reaksi yang berlangsung menjadi tidak sempurna	<i>Temperature Control</i>	Pemasangan <i>high temperature alarm</i>
2	<i>Quench Tower</i>	Berfungsi mendinginkan campuran gas secara cepat dari keluaran Furnace	<i>High</i>	<i>Pressure</i>	Tekanan berlebih (<i>overpressure</i>) terjadi pada sistem gas atau air	- Kerusakan mekanis - Berpotensi memicu ledakan di <i>quencher tower</i>	<i>Pressure Control</i>	- Penambahan kapasitas <i>relief valve</i> - Pemasangan alarm apabila tekanan tinggi

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			<i>Low</i>	<i>Pressure</i>	- Kebocoran terjadi - Pompa mengalami kegagalan	- Aliran menjadi tidak efektif - Pendinginan kurang efisien	<i>Pressure Control</i>	Pelaksanaan perawatan pada pompa dan pipa, serta <i>maintenance</i> secara berkala
			<i>High</i>	<i>Temperature</i>	- <i>Gas feed</i> terlalu panas - Pendinginan kurang memadai	- Material tower berisiko mengalami kerusakan - Efisiensi produk keluaran berkurang	<i>Temperature Control</i>	Peningkatan kapasitas pendingin dan Pengawasan suhu secara lebih ketat
			<i>None</i>	<i>Flow</i>	- Terjadi <i>blockage</i> total pada inlet - <i>Shutdown</i> pada unit <i>upstream</i>	- Operasi terhenti - Sistem berpotensi mengalami <i>overheating</i>	<i>Flow Control</i>	Pemeriksaan sistem gas secara berkala, pembuatan sistem cadangan (<i>back up</i>) atau <i>by pass</i>
			<i>Reverse</i>	<i>Flow</i>	- Pengendalian tekanan keliru - Valve mengalami kegagalan	- Produk gas berisiko terkontaminasi - Aliran balik yang membahayakan	<i>Flow Control</i>	- Pemasangan katup <i>non return</i> yang lebih sensitif dan Pelaksanaan pengecekan pada sistem perpipaan

6.4 Analisa HAZOP pada Unit Pemisahan dan Pemurnian Produk

Pada unit pemisahan dan pemurnian produk, campuran terlebih dahulu melewati kondensor (C-201) sehingga EDC dan VCM mengalami perubahan fase menjadi cair, sedangkan HCl tetap berada dalam fase gas. Selanjutnya, campuran dialirkan ke *flash separator* (V-301) untuk memisahkan HCl dari campuran cair berdasarkan perbedaan fasenya. Produk cair yang mengandung VCM dan EDC kemudian diumpungkan ke Menara Distilasi (T-303) untuk memisahkan dan memurnikan VCM dari EDC. Hasil analisis HAZOP pada unit pemisahan dan pemurnian produk tersebut disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 6.4 Analisa HAZOP pada Unit Pemisahan dan Pemurnian Produk

Equipment/Unit: Unit Pemisahan dan Pemurnian Produk								
Intention: Memurnikan VCM dari EDC								
No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
1	Menara Destilasi	Berfungsi memisahkan komponen EDC, VCM, dan HCl, serta memurnikan VCM dari EDC berdasarkan titik didih masing-masing komponen	More	Flow	- Pengaturan pada katup keliru - Pompa mengalami kerusakan	- Tray mengalami <i>overload</i> - Berpotensi timbul kebocoran - Performa pemisahan menjadi buruk	<i>Flow Control</i>	- Pelaksanaan kontrol perbaikan secara otomatis - Pengecekan katup secara berkala

No	Component	Description	Guide Word	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recomendation
			<i>Less</i>	<i>Flow</i>	- Terjadi <i>blockage</i> - <i>Feed</i> rendah	- Pemanasan kurang optimal - Hasil distilat menurun	<i>Flow</i> <i>Control</i>	- Pemeliharaan sistem perpipaan - Pengecekan pompa secara berkala
			<i>None</i>	<i>Flow</i>	- Pompa mengalami kegagalan - <i>Blockage</i> total	- Produksi terhenti - <i>Reboiler</i> berpotensi mengalami <i>overheating</i>	<i>Flow</i> <i>Control</i>	- Pelaksanaan <i>procedure</i> penjadwalan <i>maintenance</i> - Penggunaan pompa cadangan
			<i>High</i>	<i>Temperature</i>	- <i>Reboiler</i> mengalami kegagalan - Aliran <i>feed</i> terlalu rendah	- Hasil pemisahan kurang baik - Efisiensi produk menurun	<i>Temperature</i> <i>Control</i>	- Pelaksanaan perawatan rutin pada <i>reboiler</i> - Pemasangan alarm apabila suhu rendah