

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Sistem troubleshooting dalam proyek pembangunan pabrik monoethanolamine dirancang menggunakan pendekatan yang berlandaskan pada analisis tingkat risiko di setiap unit proses yang terlibat. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengantisipasi serta mencegah berbagai potensi masalah atau gangguan operasional yang dapat muncul dalam proses produksi. Maka dari itu, dibutuhkan suatu kajian yang mampu mengidentifikasi secara sistematis akar penyebab dari setiap potensi gangguan, sekaligus memberikan gambaran mengenai tingkat risiko berikut solusi atau langkah-langkah penanganan yang dapat diterapkan ketika gangguan tersebut terjadi (CCPS, 2008; IEC, 2016).

Salah satu metode yang lazim dipakai dalam industri kimia untuk menganalisis, mengurangi, dan meminimalkan potensi bahaya adalah metode Hazard and Operability Study (HAZOP). Metode ini secara khusus dirancang untuk mengidentifikasi bahaya yang berpotensi terjadi dalam suatu sistem proses, sekaligus mengevaluasi kemampuan operasi sistem tersebut. HAZOP merupakan teknik analisis yang sangat berguna karena memungkinkan peninjauan secara menyeluruh terhadap setiap bagian proses, guna mendeteksi penyimpangan dari desain awal dan menelusuri penyebab serta dampak potensial dari penyimpangan dimaksud (Musyafa', 2016).

Alasan utama dipilihnya metode HAZOP dalam analisis troubleshooting pada bab ini adalah karena sifatnya yang sistematis, terstruktur, dan mendalam. HAZOP memungkinkan proses analisis dijalankan secara terorganisir sehingga menghasilkan kajian yang komprehensif dan dapat dipertanggungjawabkan. Di samping itu, HAZOP bersifat multidisipliner, yakni melibatkan berbagai bidang keahlian dalam satu tim analisis. Pendekatan ini memungkinkan kajian yang lebih luas dan terperinci karena ditinjau dari berbagai sudut pandang teknis maupun operasional, sehingga risiko yang berhasil diidentifikasi menjadi lebih lengkap.

Menurut Ramadhan & Momon (2022), langkah-langkah pelaksanaan metode HAZOP meliputi:

- a. Mengklasifikasikan bahaya yang berhasil diidentifikasi selama proses analisis berlangsung.
- b. Menjelaskan secara rinci berbagai bentuk penyimpangan yang terjadi dalam tahap operasi proses.

- c. Menguraikan faktor-faktor atau penyebab utama yang memicu terjadinya penyimpangan tersebut.
- d. Menjabarkan potensi dampak atau konsekuensi yang dapat muncul sebagai akibat dari penyimpangan dalam proses.
- e. Menentukan tindakan sementara atau langkah mitigasi awal yang dapat diterapkan guna menekan risiko.
- f. Melakukan penilaian risiko dengan mendefinisikan parameter kemungkinan terjadinya kejadian (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampaknya (*consequences*).
- g. Memeringkat bahaya yang telah teridentifikasi menggunakan lembar kerja HAZOP, dengan mempertimbangkan nilai *likelihood* dan *consequences*, serta memanfaatkan matriks risiko untuk menentukan prioritas penanganan.
- h. Merancang langkah-langkah perbaikan khusus bagi risiko yang tergolong dalam kategori "Ekstrim", disertai rekomendasi peningkatan atau perbaikan terhadap proses yang bersangkutan.

Dalam konteks pabrik monoethanolamine, pembagian sistem troubleshooting didasarkan pada pengelompokan jenis unit proses yang ada di dalam pabrik. Unit-unit tersebut mencakup unit penyimpanan bahan baku dan produk, unit pemindahan atau transportasi fluida, unit penukar panas untuk keperluan proses termal, unit reaktor sebagai tempat berlangsungnya reaksi kimia utama, serta unit pemisahan yang berfungsi memisahkan produk dari pengotor maupun hasil samping. Analisis terhadap masing-masing unit ini dilakukan guna memastikan bahwa setiap potensi masalah yang mungkin timbul dapat diidentifikasi dan ditanggulangi sejak tahap perancangan (Towler & Sinnott, 2013).

6.1 Troubleshooting pada Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 6. 1 Troubleshooting pada Tangki Penyimpan Bahan Baku dan Produk (CCPS, 2008; IEC, 2016).

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation	
1	Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	Untuk menyimpan bahan baku dan produk	<i>No Feed flow</i>	Tidak terdapat umpan dalam inlet	Tidak berlangsung reaksi, sehingga tidak terbentuk produk apa pun.	<i>Level Control (LC), Pressure Control (PC)</i>	Tambahkan umpan sesuai dengan kebutuhan atau kapasitas pabrik	
			<i>More of Feed flow</i>	<i>Malfunctioned</i>	Umpan dalam inlet terlalu banyak (berlebihan)		Beberapa parameter mengalami peningkatan, yaitu laju reaksi, tekanan, dan temperatur. Hal ini dapat menimbulkan potensi kerusakan pada produk atau menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pabrik. Selain itu, terdapat risiko terjadinya ledakan termal akibat tingginya laju reaksi dalam proses reaksi eksotermis.	Pemasangan flow meter dan flow alarm
								Monitor umpan dalam inlet

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			<i>Pressure</i>	<i>Malfunctioned</i>	Kebocoran pada pipa (<i>pipeline</i>)		Melakukan inspeksi dan perawatan rutin pada katup (<i>valve</i>).
			<i>Temperature</i>	<i>Temperature umpan meningkat</i>	Kerusakan pada produk dan risiko terjadinya <i>thermal explosion</i> .		Kurangi <i>temperature</i> pada umpan
			<i>Less of Feed flow</i>	<i>Malfunctioned</i>	Efisiensi yang rendah		Monitor <i>temperature</i> pada umpan
			<i>Less of Pressure</i>	<i>Malfunctioned</i>	Efisiensi yang rendah		Pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala pada <i>valve</i>
			<i>More than Impurities</i>	Impuritas umpan dalam inlet	Efisiensi reaksi berkurang, Produk terkontaminasi, dan risiko kebocoran atau ledakan		Pemasangan <i>flow meter</i> dan <i>flow alarm</i> dan pemeriksaan serta pemeliharaan pada <i>valve</i>
				<i>Feed line</i> terkorosi			Memastikan mutu serta melakukan analisis terhadap bahan baku.
			<i>More than Phase</i>	<i>Temperature</i> pada umpan berubah	Berkurangnya efisiensi reaksi		Melakukan pengecekan dan pemeliharaan pada katup (<i>valve</i>) atau saluran (<i>line</i>).
			Tidak ada power	<i>Power outage</i>	<i>Reactor inactive</i>		Memantau suhu pada aliran umpan.
							Matikan sistem, kemudian lakukan restart atau mulai ulang.

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			Start-up gagal	Control system yang	<i>Reactor inactive</i>		Periksa sistem, kemudian lakukan inspeksi serta
				tidak berfungsi			pemeliharaan pada sistem tersebut.
			Tangki tidak dapat mempertahankan volume cumene ataupun <i>heavy aromatic by-product</i> yang disimpan di dalamnya	Dinding pada tangki mengalami kebocoran	Dapat menimbulkan kebocoran yang lebih banyak pada tangki dan tidak dapat menyimpan produk dengan maksimal.	<i>Level Indicator (LI)</i>	Menutup kebocoran pada tangki dengan melakukan pengelasan.
				Kebocoran pada pipa koneksi yang tersambung pada dasar tangki	Produk yang keluar dari tangki dapat menyebabkan kerugian dan membahayakan pekerja yang berada di sekitar alat/komponen/unit tersebut.		Memeriksa pipa-pipa yang tersambung pada tangki

6.2 Troubleshooting pada Pompa Sentrifugal

Tabel 6. 2 Troubleshooting pada Pompa Sentrifugal (Bloch & Budris, 2010)

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Pompa Sentrifugal	Untuk mengalirkan fluida	No Flow	<ul style="list-style-type: none"> - Kerusakan pada motor atau pompa, ketiadaan arus listrik, serta tersumbatnya impeller. - Adanya penumpukan padatan yang terbawa oleh fluida pada dinding pompa dan pipa saluran bahan baku. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pompa gagal menyala dan tidak dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. - Proses pemindahan fluida mengalami hambatan. 	Flow Control (FC)	<ul style="list-style-type: none"> - Cek <i>maintenance procedure</i> dan jadwal pemeliharaan pada pompa - Melakukan perbaikan pada motor dan pompa, pemeriksaan aliran listrik secara berkala, pembersihan impeller - Melakukan pembersihan rutin pada pompa secara berkala.

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			<i>Low Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Terjadi kegagalan parsial pada kinerja pompa. – Kebengkokan pada <i>Shaft</i> – Rusaknya <i>bearing</i> – Adanya Impeller yang tersumbat 	Jumlah fluida yang mengalir ke proses berikutnya sangat minim.	<i>Flow Control (FC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Periksa prosedur perawatan dan jadwal pemeliharaan untuk pompa. – Melakukan penggantian poros (<i>shaft</i>), memperkuat struktur pipa, serta mengganti roller bearing dan underwater bearing.
			<i>High Pressure</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Tekanan head meningkat secara berlebihan dan terdapat penyumbatan pada pipa hisap serta saringannya. 	<ul style="list-style-type: none"> – Tidak terdapat fluida pada bagian head. – Terjadinya kavitasi 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Flow Control (FC)</i> – <i>Pressure Control (PC)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> – Periksa pemasangan pipa di jalur akhir, kemudian lakukan pembersihan pada pipa tersebut. – Lakukan pembersihan pada impeller. – Melakukan pemeliharaan untuk menghilangkan gelembung udara dalam pompa.

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			<i>High Temperature</i>	– Perlakuan bahan dengan suhu tinggi	– Terjadinya kavitasi	– <i>Flow Control (FC)</i> – <i>Temperature Control (TC)</i>	– Dilakukannya <i>maintenance</i> untuk mengeluarkan gelembung udara pada pompa serta adanya – Penggantian pompa jika sudah tidak bisa digunakan kembali

6.3 Troubleshooting pada Unit Penukar Panas

Tabel 6. 3 Troubleshooting pada Heat Exchanger dan Kondensor (Vimalasari, 2016).

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	<i>Heat Exchanger</i>	Untuk meningkatkan suhu.	<i>Less Temperature</i>	Kerusakan pada <i>Heat Exchanger</i> .	Suhu di dalam reaktor terlalu rendah.	<i>Temperature Control (TC)</i>	– Periksa prosedur pemeliharaan dan jadwal <i>maintenance</i> untuk <i>heat exchanger</i> .
			<i>More Temperature</i>		Efisiensi reaksi di dalam reaktor menurun.		– Pasang alarm suhu tinggi dan pasang pengontrol pada instrumen-instrumen penting.

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
2	Kondensor	Untuk mengubah fase.	<i>No Flow</i>	Saluran uap <i>reboiler</i> gagal menutup.	Tidak ada umpan yang masuk ke kondensor; produk tidak memenuhi spesifikasi; kemungkinan terjadi kegagalan pompa.	<i>Pressure Control (PC)</i>	Jadwalkan inspeksi dan pemeliharaan, pasang sensor aliran, serta terapkan <i>shutdown</i> otomatis pada pompa kondensor.
			<i>Less Flow</i>	Aliran pada saluran uap <i>reboiler</i> mengalami pengurangan.	Jumlah umpan yang masuk ke kondensor berkurang; produk tidak memenuhi spesifikasi; terjadi distilasi yang kurang optimal.	<i>Pressure Alarm 1401, Pressure Limiter</i>	Pasang sensor aliran, kalibrasi dan <i>maintenance</i> secara berkala

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
				<i>Coolant flow</i>	Terjadi penyumbatan atau kebocoran pada pipa pendingin kondensor; produk tidak sesuai spesifikasi; uap tidak sepenuhnya menguap.		Pasang katup aliran minimum, serta lakukan pengendalian aliran dan pengendalian suhu.
			<i>High Temperature</i>	Suhu keluar dari <i>Cooling Water (CW)</i> melebihi batas desain.	Suhu umpan mengalami peningkatan.		Periksa koneksi back-flush dan lakukan back-flush secara rutin untuk menjaga performa optimal.
			<i>High Pressure</i>	Kegagalan suplai air pada kondensor.	Terjadinya <i>Overpressure</i> yang dapat berpotensi terjadi suatu ledakan		Pemberian alarm dengan tekanan tinggi.
			<i>High Flow</i>	Saluran uap reboiler berlebihan.	Umpan berlebihan; produk tidak sesuai spesifikasi; distilasi berlebih.	<i>Level alarm 1403, feedwater pump</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pasang sensor aliran dan jadwalkan pemeliharaan secara rutin. - Penambahan SIS untuk meningkatkan keamanan

6.4 Troubleshooting pada Unit Pencampuran

Tabel 6. 4 Troubleshooting pada Reaktor dan Mixer (Vimalasari, 2016)

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Reaktor	Untuk melakukan reaksi pada bahan baku.	<i>No Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadi penyumbatan pada pipa - <i>Control valve</i> gagal membuka - Kerusakan pada controller - Kegagalan pada pompa 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada umpan yang masuk ke reaktor - Reaksi tidak berlangsung di dalam reaktor 	<i>Flow Control (FC)</i> dan <i>Level Control (LC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan perawatan dan pemeliharaan pada <i>Flow Control (FC)</i> di reaktor. - Memasang alarm <i>High Flow Control</i> serta memeriksa sistem <i>emergency shutdown</i>.

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			<i>Low Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Terjadi penyumbatan parsial pada pipa – <i>Control valve</i> gagal membuka – Kegagalan pada <i>controller</i> – Kerusakan atau kegagalan pada pompa 	<ul style="list-style-type: none"> – Jumlah aliran bahan yang disuplai ke reaktor sangat sedikit – Reaksi tidak berlangsung secara sempurna (<i>incomplete reaction</i>) 	<i>Flow Control (FC) dan Level Control (LC), Pressure Control (PC)</i>	Pasang alarm level rendah (<i>low level alarm</i>) pada reaktor untuk memberikan peringatan kepada operator.
			<i>High Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Control valve</i> gagal membuka – Kegagalan pada <i>controller</i> – Kerusakan atau kegagalan pada pompa – Tekanan di dalam reaktor terlalu tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> – Aliran umpan yang masuk ke reaktor melebihi kapasitas (<i>excess feed</i>) – Reaksi tidak berlangsung sempurna – Rasio antara bahan tidak sesuai – Terjadi <i>flooding</i> di dalam reaktor – Kemungkinan terjadinya aliran balik (<i>back flow</i>) 	<i>Flow Control (FC) dan Level Control (LC), Pressure Control</i>	Pemasangan pompa cadangan (<i>back-up pump</i>) dan pemasangan indikator tekanan (<i>pressure indicator</i>) pada reaktor.

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			Aliran berbalik	Terjadi kegagalan pada sistem pengendalian suhu (<i>temperature control</i>) di reaktor.	Reaksi yang berlangsung tidak berjalan secara optimal atau tidak sempurna.	<i>Temperature Control (TC)</i>	Pemasangan alarm suhu tinggi (<i>High Temperature Alarm</i>).
			<i>High Temperature</i>	Suhu keluaran dari <i>heat exchanger</i> melebihi batas yang telah ditetapkan dalam desain.	Suhu di dalam reaktor terlalu tinggi, sehingga berpotensi menyebabkan terjadinya ledakan	<i>Temperature Control (TC)</i> dan <i>Flow Control (FC)</i>	Pasang pengontrol pada instrumen-instrumen penting.
			<i>Low Temperature</i>	Kerusakan pada <i>heat exchanger</i>	Suhu terlalu rendah menyebabkan efisiensi reaksi berkurang	<i>Temperature Control (TC)</i>	Periksa <i>emergency shutdown system</i>

6.5 Troubleshooting pada Unit Pemisah

Tabel 6. 5 Troubleshooting pada Menara Distilasi dan Flash Coloumn (Vimalasari, 2016).

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Kolom Distilasi	Berfungsi untuk memisahkan produk utama dan produk samping.	No Flow	Terjadi kerusakan atau kegagalan Pada pompa	Tidak ada umpan yang masuk ke kolom distilasi.	Flow Control (FC) dan Level Control (LC)	Periksa prosedur pemeliharaan dan jadwal perawatan untuk pompa yang mengalirkan umpan ke C-01.
			High Flow	<ul style="list-style-type: none"> - Terjadi overflow pada aliran feed yang masuk menuju kolom distilasi - Kegagalan pada pompa 	<ul style="list-style-type: none"> - Overfeed pada kolom distilasi yang menyebabkan proses tidak berjalan dengan sempurna - Tekanan pada kolom distilasi meningkat - risiko terjadinya ledakan - Kemungkinan terjadi back flow dari campuran ke kolom distilasi 	Flow Control (FC), Level Control (LC), Temperature Control (TC), Pressure Control (PC)	<ul style="list-style-type: none"> - Pasang alarm untuk suhu tinggi dan tekanan tinggi - Pasang katup non-return (check valve)

No	Component	Description	Deviation	– Cause	– Consequences	Safeguard	– Recommendation
			<i>Low Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Terjadi kegagalan parsial pada pompa – <i>Control valve</i> gagal merespons perintah operasi 	<ul style="list-style-type: none"> – Umpan (<i>feed</i>) ke kolom distilasi tidak mencukupi – <i>Control valve</i> gagal merespons sinyal kontrol 	<i>Flow Control (FC), Level Control (LC), Temperature Control (TC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Umpan (<i>feed</i>) ke kolom distilasi tidak mencukupi – <i>Control valve</i> gagal merespons sinyal kontrol

Dari rancangan *troubleshooting* yang diterapkan pada lima unit proses, diharapkan mampu meminimalkan risiko kerugian serta kecelakaan kerja yang mungkin terjadi. Dengan adanya langkah-langkah antisipasi dan penanganan yang terstruktur sesuai prosedur yang telah disiapkan, apabila risiko tersebut muncul, penanganannya dapat dilakukan secara cepat dan tepat. Pengendalian risiko ini tidak hanya akan meningkatkan tingkat keselamatan di lingkungan kerja, tetapi juga menciptakan suasana kerja yang lebih kondusif dan nyaman bagi para pekerja. Kondisi lingkungan kerja yang aman dan terorganisir akan berdampak positif pada kinerja karyawan, sehingga produktivitas dan kualitas hasil akhir proses maupun produk yang dihasilkan dapat tetap terjaga secara optimal. Dengan demikian, penerapan rancangan *troubleshooting* ini berperan penting dalam memastikan kelancaran operasional pabrik sekaligus menjaga standar mutu yang tinggi.