

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Perancangan sistem *troubleshooting* dalam proyek pembangunan pabrik monoethanolamine dilakukan dengan pendekatan berbasis analisis tingkat risiko pada setiap unit proses yang terlibat. Tujuan utama dari analisis *troubleshooting* ini adalah untuk mengantisipasi dan mencegah potensi masalah atau gangguan operasional yang mungkin timbul selama proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian yang dapat mengidentifikasi secara sistematis akar permasalahan dari setiap potensi gangguan yang ada, serta memberikan gambaran mengenai tingkat risiko dan solusi atau langkah-langkah penanganan yang dapat diterapkan apabila gangguan tersebut terjadi.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam industri kimia untuk menganalisis risiko serta mengurangi dan meminimalkan potensi bahaya adalah metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP). Metode ini dirancang khusus untuk mengidentifikasi bahaya (*hazard*) yang mungkin terjadi dalam suatu sistem proses, serta mengevaluasi operabilitas sistem tersebut. HAZOP merupakan teknik analisis yang sangat bermanfaat karena memungkinkan peninjauan secara menyeluruh terhadap setiap bagian dari proses, guna mendeteksi adanya penyimpangan dari desain awal dan menelusuri penyebab serta dampak potensial dari penyimpangan tersebut (Musyafa', 2016).

Alasan utama pemilihan metode HAZOP dalam analisis *troubleshooting* yang dibahas pada Bab 6 ini adalah karena sifatnya yang sistematis, terstruktur, dan mendalam. HAZOP memungkinkan proses analisis dilakukan secara terorganisir sehingga menghasilkan kajian yang komprehensif dan dapat dipertanggungjawabkan. Selain itu, HAZOP merupakan metode yang bersifat multi-disipliner, artinya melibatkan berbagai bidang keahlian dalam tim analisis. Pendekatan ini memungkinkan kajian yang lebih luas dan mendetail karena dilihat dari berbagai sudut pandang teknis maupun operasional, sehingga risiko yang teridentifikasi menjadi lebih lengkap.

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

- a. Melakukan klasifikasi terhadap bahaya (hazard) yang berhasil diidentifikasi selama proses analisis.
- 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 mungkin muncul akibat adanya penyimpangan dalam proses.
- e. Menentukan langkah-langkah sementara atau tindakan mitigasi awal yang dapat diterapkan untuk mengurangi risiko.
- f. Melakukan penilaian risiko dengan mendefinisikan parameter kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dan tingkat keparahan dampaknya (*consequences*).
- g. Melakukan pemeringkatan terhadap 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 untuk risiko yang masuk dalam kategori “Ekstrim”, disertai dengan rekomendasi peningkatan atau perbaikan terhadap proses yang terkait.

Dalam konteks pabrik monoethanolamine, pembagian sistem troubleshooting didasarkan pada klasifikasi jenis unit proses yang terdapat di dalam pabrik. Unit-unit tersebut mencakup antara lain unit penyimpanan bahan baku dan produk, unit pemindahan atau transportasi fluida, unit penukar panas untuk proses termal, unit reaktor sebagai tempat berlangsungnya reaksi kimia utama, serta unit pemisahan yang berfungsi memisahkan produk dari zat pengotor atau hasil samping. Analisis pada masing-masing unit ini dilakukan untuk memastikan setiap potensi masalah yang mungkin timbul dapat diidentifikasi dan ditanggulangi sejak tahap desain.

6.1 Troubleshooting pada Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 6. 1 *Troubleshooting* pada Tangki Penyimpan Bahan Baku dan Produk

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>	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
				Umpan dalam inlet terlalu banyak (berlebihan)			Monitor umpan dalam inlet

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

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Pompa Sentrifugal	Untuk mengalirkan fluida	No Flow	- 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.	- Pompa gagal menyala dan tidak dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. - Proses pemindahan fluida mengalami hambatan.	Flow Control (FC)	– 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>	– 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>	– Periksa prosedur perawatan dan jadwal pemeliharaan untuk pompa. – Melakukan penggantian poros (shaft), memperkuat struktur pipa, serta mengganti roller bearing dan underwater bearing.
			<i>High Pressure</i>	– Tekanan head meningkat secara berlebihan dan terdapat penyumbatan pada pipa hisap serta saringannya.	– Tidak terdapat fluida pada bagian head. – Terjadi nya kavitasi	– <i>Flow Control (FC)</i> – <i>Pressure Control (PC)</i>	– 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</i> (FC) – <i>Temperature Control</i> (TC)	– 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</i> (TC)	– Periksa prosedur pemeliharaan dan jadwal maintenance untuk heat exchanger.
			<i>More Temperature</i>		Efisiensi reaksi di dalam reaktor menurun.		– Pasang alarm suhu tinggi dan pasang pengontrol pada instrumen-instrumen penting.
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</i> (PC)	Jadwalkan inspeksi dan pemeliharaan, pasang sensor aliran, serta terapkan <i>shutdown</i> otomatis pada pompa kondensor.

			<i>Less Flow</i>	Aliran pada saluran uap reboiler 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.
--	--	--	----------------------	--------------------------------------	--	--	--

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
			<i>High Flow</i>	Saluran uap reboiler berlebihan.	Umpan berlebihan; produk tidak sesuai spesifikasi; distilasi berlebih.	<i>Level alarm 1403, feedwater pump</i>	- 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

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Reaktor	Untuk melakukan reaksi pada bahan baku.	<i>No Flow</i>	- Terjadi penyumbatan pada pipa - <i>Control valve</i> gagal membuka - Kerusakan pada controller - Kegagalan pada pompa	- Tidak ada umpan yang masuk ke reaktor - Reaksi tidak berlangsung di dalam reaktor	<i>Flow Control (FC) dan Level Control (LC)</i>	- 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>	– Terjadi penyumbatan parsial pada pipa – <i>Control valve</i> gagal membuka – Kegagalan pada <i>controller</i> – Kerusakan atau kegagalan pada pompa	– Jumlah aliran bahan yang disuplai ke reaktor sangat sedikit – Reaksi tidak berlangsung secara sempurna (<i>incomplete reaction</i>)	<i>Flow Control (FC)</i> dan <i>Level Control (LC)</i> , <i>Pressure Control (PC)</i>	Pasang alarm level rendah (<i>low level alarm</i>) pada reaktor untuk memberikan peringatan kepada operator.
			<i>High Flow</i>	– <i>Control valve</i> gagal membuka – Kegagalan pada <i>controller</i> – Kerusakan atau kegagalan pada pompa – Tekanan di dalam reaktor terlalu tinggi	– 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)</i> dan <i>Level Control (LC)</i> , <i>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*

No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation
1	Kolom Distilasi	Berfungsi untuk memisahkan produk utama dan produk samping.	<i>No Flow</i>	Terjadi kerusakan atau kegagalan pada	Tidak ada umpan yang masuk ke kolom distilasi.	<i>Flow Control (FC)</i> dan <i>Level Control (LC)</i>	Periksa prosedur pemeliharaan dan jadwal perawatan untuk pompa yang mengalirkan umpan ke C-01.

				pompa.			
			<i>High Flow</i>	– Terjadi <i>overflow</i> pada aliran <i>feed</i> yang masuk menuju kolom distilasi – Kegagalan pada pompa	– <i>Overfeed</i> pada kolom distilasi yang menyebabkan proses tidak berjalan dengan sempurna – Tekanan pada kolom distilasi meningkat – risiko terjadinya ledakan – Kemungkinan terjadi <i>back flow</i> dari campuran ke kolom distilasi	<i>Flow Control (FC), Level Control (LC), Temperature Control (TC), Pressure Control (PC)</i>	– Pasang alarm untuk suhu tinggi dan tekanan tinggi – Pasang katup non-return (<i>check valve</i>)
No	Component	Description	Deviation	Cause	Consequences	Safeguard	Recommendation

			<i>Low Flow</i> – Terjadi kegagalan parsial pada pompa – <i>Control valve</i> gagal merespons perintah operasi	– 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>	– 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.