

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Industri kimia memiliki potensi risiko bahaya (*hazard*) yang cukup serius, mulai dari kebakaran, paparan gas beracun, hingga kombinasi ledakan dan kebakaran yang berpotensi menimbulkan korban jiwa. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan fatal dan kerugian besar, perlu dilakukannya *troubleshooting* dan mencari solusi yang tepat. Dengan mengidentifikasi akar masalahnya, kita dapat meminimalkan risiko hingga kerugian yang ditimbulkan.

Troubleshooting merupakan prosedur terstruktur yang bertujuan untuk mengenali, memahami akar penyebab, dan memperbaiki isu atau malfungsi yang muncul pada suatu sistem, perangkat atau proses. Proses ini melibatkan langkah-langkah yang terstruktur untuk menemukan akar penyebab masalah dan kemudian menerapkan solusi yang tepat.

Studi *Hazard and Operability* (HAZOP) merupakan salah satu metode analisis risiko yang populer di industri kimia. HAZOP digunakan sebagai upaya preventif untuk memastikan keamanan dalam industri kimia. Metode ini memungkinkan kita untuk memprediksi dan mencegah kecelakaan dengan cara menganalisis dan mengevaluasi setiap aspek desain proses produksi dan mengidentifikasi potensi bahaya sebelum terjadi. (Sabrina, 2019). Metode ini dipilih karena sifatnya yang terstruktur, identifikasi akar masalah secara sistematis dan menyeluruh, serta menghasilkan solusi yang komprehensif. Adapun hasil rancangan *troubleshooting* yang telah dianalisis dapat dilihat pada tabel berikut.

6.1 Analisa HAZOP Unit Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Bahan baku dalam pembuatan Natrium Nitrat dalam desain proyek pabrik ini berupa sodium hidroksida dan asam nitrat. Kedua bahan baku berfase cair, dimana asam nitrat disimpan dalam tangki penyimpanan HNO_3 (TK-01) sedangkan sodium hidroksida disimpan dalam tangki penyimpanan NaOH (TK-02). Kedua tangki tersebut berjenis tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap berbentuk kerucut (*conical roof*).

Tabel 6. 1 HAZOP Tangki Penyimpanan

<i>Equipment/unit</i> : Unit Penyimpanan Bahan Baku dan Produk							
<i>Intention</i> :							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
1. Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-01) dan (T-02)	Berfungsi untuk menyimpan HNO ₃ dalam fase cair dengan suhu sebesar 30°C dan tekanan 1 atm.	<i>More</i>	<i>Pressure</i>	Tangki penyimpanan <i>overflow</i>	Terjadi peningkatan <i>pressure</i> dan dapat menimbulkan ledakan	<i>Level Control (LC)</i>	Instalasi pressure relief valve, penguatan struktur tangki
	Berfungsi untuk menyimpan NaOH dalam fase cair dengan suhu 25°C dan tekanan 1 atm	<i>More</i>	<i>Feed flow</i>	Umpan pada <i>inlet</i> terlalu banyak	Rasio bahan baku berlebih akan menurunkan kualitas produk	<i>Level Control (LC)</i>	Menjaga <i>level</i> agar tetap konstan sesuai dengan <i>level</i> yang ditentukan
		<i>More</i>	<i>Temperature</i>	Suhu umpan meningkat	Dapat berpotensi merusak kualitas bahan baku dan produk serta adanya risiko terjadinya <i>thermal explosion</i>	<i>Temperature Control (TC)</i>	Sistem pendinginan, isolasi termal
		<i>More</i>	<i>Impurities</i>	Impuritas dalam inlet dan <i>feed line</i> terjadi korosi	Efisiensi reaksi berkurang dan produk terkontaminasi		Menjaga kualitas analisa bahan baku dan inspeksi rutin pada feed line
		<i>More</i>	<i>Overfill</i>	Impuritas umpan dalam inlet	Kebocoran asam nitrat, kontaminasi lingkungan	<i>Level Control (LC)</i>	Instalasi level switch, alarm, dan sistem pengisian otomatis

<i>Equipment/unit</i> : Unit Penyimpanan Bahan Baku dan Produk							
<i>Intention</i> :							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
		<i>Other than</i>	Tidak ada power Start up gagal	Control system tidak berfungsi	<i>Reactor inactive</i>		Matikan sistem dan mulai ulang. Lakukan inspeksi dan pemeliharaan
2. Tangki Penyimpanan Produk (TK-103)	Berfungsi untuk menyimpan produk berupa natrium nitrat dengan suhu sebesar 30°C dan tekanan sebesar 1 atm	<i>More</i>	<i>Level</i>	Level natrium nitrat lebih tinggi dari batas atas	Tumpahan natrium nitrat, risiko kebakaran	<i>Level Indicator (LI)</i>	Pasang alarm level tinggi, sistem penahan tumpahan, prosedur darurat untuk penanganan tumpahan
		<i>More</i>	<i>Temperature</i>	Kegagalan sistem pendingin, terjadi reaksi eksotermik	Risiko kebakaran, ledakan	<i>Temperature Control (TC)</i>	Perbaiki sistem pendingin, pasang sensor suhu dengan alarm,

6.2 Analisa HAZOP Pompa

Tabel 6. 2 HAZOP Pompa

<i>Equipment/unit</i> : Unit pemindah bahan baku							
<i>Intention</i> :							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
Pompa (	Berfungsi untuk mengalirkan fluida	<i>No</i>	<i>Flow</i>	- Adanya sumbatan padatan pada fluida di dinding pompa dan pipa pengalir - Kerusakan <i>impeller</i>	Proses terhenti, proses pemindahan fluida terhambat, dan produk tidak sesuai spesifikasi	<i>Flow Control (FC)</i>	Periksa saringan secara berkala, ganti <i>impeller</i> jika aus
		<i>More</i>	<i>Pressure</i>	Katup tertutup, terjadi penyumbatan pada pipa	Rasio bahan baku berlebih akan menurunkan kualitas produk	- Flow Control (FC) - Pressure Control (LC)	Periksa katup secara berkala, perbaiki pipa yang bocor dan lakukan pembersihan pada <i>impeller</i>
		<i>Less</i>	<i>Temperature</i>	Suhu umpan terlalu rendah	Kinerja pompa menurun, viskositas larutan meningkat, dan dapat menyebabkan kavitasi.	<i>Temperature Control (TC)</i>	- Instal pemanas untuk menjaga suhu larutan - Monitor suhu secara berkala - Perhatikan desain pompa
		<i>More than</i>	<i>Impurities</i>	Adanya zat asing dalam larutan	Dapat menyumbat <i>impeller</i> pompa, menyebabkan kerusakan mekanis,		Pasang saringan pada saluran masuk dan gunakan bahan pompa yang tahan korosi

6.3 Analisa HAZOP *Heat Exchanger*

Tabel 6. 3 HAZOP Heat Exchanger

<i>Equipment/unit</i> : Unit <i>Heat Exchanger</i> menaikkan suhu umpan							
<i>Intention</i> :							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
<i>Heat Exchanger</i> (	Berfungsi untuk menaikkan suhu umpan yang akan masuk ke reaktor	<i>More</i>	<i>Temperature</i>	Kegagalan kontrol suhu, peningkatan beban proses	<i>Overheating</i> , kerusakan pada tube, pelepasan uap bertekanan	<i>Temperature Control (TC)</i>	Instalasi sensor suhu tambahan, alarm suhu tinggi, sistem pendinginan darurat
		<i>Less</i>	<i>Flow</i>	Penyumbatan, kerusakan pompa, kebocoran	<i>Overheating</i> , penurunan efisiensi, kerusakan peralatan	- Flow Control (FC) - Pressure Control (LC)	- Pemasangan <i>filter</i> atau <i>strainer</i> - Monitoring aliran, dan alarm aliran rendah
		<i>Less</i>	<i>Thickness</i>	Korosi, erosi, fatigue	Kebocoran fluida, kontaminasi produk, kerusakan peralatan	<i>Temperature Control (TC)</i>	- Inspeksi ketebalan dinding rutin - Penggantian tube secara berkala

6.4 Analisa HAZOP Reaktor

Tabel 6. 4 HAZOP Reaktor

<i>Equipment/unit</i> : Unit Reaktor							
<i>Intention</i> :							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
Reaktor (R-01)	Berfungsi untuk mereaksikan asam nitrat dan sodium hidroksida untuk membentuk natrium nitrat	<i>More</i>	<i>Temperature</i>	Kegagalan sistem pendingin, reaksi berjalan terlalu cepat	Reaksi berjalan tidak terkendali, tekanan meningkat, risiko ledakan	- Flow Control (FC) - Temperature Control (TC)	Instalasi sistem pendingin darurat, dan sensor suhu
		<i>More</i>	<i>Pressure</i>	Penyumbatan saluran keluar, reaksi berjalan terlalu cepat	Risiko ledakan, kerusakan peralatan	- Flow Control (FC) - Pressure Control (LC)	- Katup pelepas tekanan - sistem ventilasi darurat dan alarm tekanan tinggi
		<i>Less</i>	<i>Flow</i>	Penyumbatan pipa, kegagalan pompa	Konversi reaksi tidak berjalan lancar, kualitas produk menurun	<i>Flow Control (FC)</i>	Pasang low level alarm pada reaktor untuk memperingatkan operator
		<i>More than</i>	<i>Impurities</i>	Kualitas bahan baku buruk	Reaksi samping yang tidak diinginkan		- Analisis kualitas bahan baku secara berkala - Sistem filtrasi yang lebih baik

6.5 Analisa HAZOP Unit *Evaporator*

Tabel 6. 5 HAZOP *Evaporator*

<i>Equipment/unit</i> : Unit <i>Evaporator</i>										
<i>Intention</i> : Untuk pemurnian produk										
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>		<i>Consequence</i>		<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>	
<i>Evaporator (EV-01)</i>	Berfungsi untuk mengurangi kandungan air dalam larutan sehingga konsentrasi natrium nitrat meningkat.	<i>More</i>	<i>Temperature</i>	Kegagalan sistem pendingin,		<i>Overheating</i> dan penguapan berlebihan		<i>Temperature Control (TC)</i>	Instalasi sistem pendingin darurat dan alarm suhu tinggi	
		<i>High</i>	<i>Level</i>	Kegagalan level kontrol, laju penguapan rendah, dan pipa kondensat tersumbat		<i>Carryover</i> cairan ke separator, kontaminasi produk		<i>Level Control (LC)</i>	Kalibrasi <i>level controller</i> secara berkala, dan pembersihan pipa kondensat rutin	
		<i>Less</i>	<i>Flow</i>	Kegagalan parsial pada pompa, penyumbatan pipa		Konsentrasi produk tidak sesuai, kapasitas produksi menurun		<i>Flow Control (FC)</i>	Pasang pompa cadangan, dan filter pada pipa input	
									-	

6.6 Analisa HAZOP Crystallizer

Tabel 6. 6 HAZOP Crystallizer

<i>Equipment/unit</i> : Unit Crystallizer							
<i>Intention</i> : Untuk menghasilkan kristal padat dari suatu larutan							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
Crystallizer (CR-01)	Berfungsi untuk memisahkan zat terlarut dari pelarutnya sehingga menghasilkan kristal padat	More	Temperature	Kegagalan sistem pendingin, pengaturan suhu yang salah	Laju kristalisasi terlalu cepat, kualitas kristal buruk, risiko pembentukan kerak	Temperature Control (TC)	- Perawatan berkala sistem pendingin
		Less	Temperature	Pengaturan suhu yang salah, aliran pendingin terlalu besar	Laju kristalisasi terlalu lambat, tidak terbentuk kristal, risiko penyumbatan pipa		- Kontrol suhu otomatis
		More than	Impurities	Kualitas produk buruk, kebocoran pada peralatan proses	Kualitas kristal menurun, kesulitan dalam pemisahan kristal dari larutan induk		- Isolasi yang baik pada tangki crystallizer
							- Kontrol suhu yang tepat
							- Analisis kualitas bahan baku secara berkala
							- Perawatan peralatan secara berkala

6.7 Analisa HAZOP Rotary Dryer

Tabel 6. 7 HAZOP Rotary Dryer

<i>Equipment/unit</i> : Unit Rotary Dryer							
<i>Intention</i> : Untuk mengurangi kadar air dalam bahan padat							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
Rotary Dryer (RD-01)	Berfungsi untuk menghilangkan kelembaban atau kadar air dari kristal padat natrium nitrat	<i>More</i>	<i>Temperature</i>	Kontrol suhu gagal, aliran udara panas berlebihan	Produk terurai, kebakaran, kerusakan pada alat	Temperature Control (TC)	- Instalasi sensor suhu Cadangan - Sistem pendinginan darurat
		<i>Slow</i>	<i>Rotation Speed</i>	Motor penggerak rusak, beban berlebih	- Material mengumpul - Pembentukan kerak - Produk tidak kering sempurna	-	- Pemeliharaan motor penggerak secara berkala - Sistem monitoring beban
		<i>Less</i>	<i>Hot Air Flow</i>	Blower yang rusak, saluran udara tersumbat	Produk tidak kering sempurna, efisiensi energi rendah		- Filter udara secara berkala - Pasang alarm aliran udara rendah
		<i>High</i>	<i>Water Content</i>	Kontrol kualitas umpan buruk	Beban kerja dryer meningkat dan konsumsi energi tinggi		Kontrol kualitas umpan yang ketat, dan penyesuaian kapasitas dryer

6.8 Analisa HAZOP Finalisasi Produk

Tabel 6. 8 HAZOP Finalisasi Produk

<i>Equipment/unit</i> : Unit <i>Ball Mill</i> dan <i>Vibrating Screen</i>							
<i>Intention</i> : Untuk menghaluskan dan menyaring material bahan padat							
<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guide Word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recomendation</i>
Ball Mill (RD-01)	Berfungsi untuk menggiling dan menghaluskan material kristal padat natrium nitrat menjadi partikel yang lebih kecil	Berat	Beban	Umpan terlalu banyak, material mengeras	Motor overload, kerusakan bantalan,	Flow Control (FC)	- Kontrol umpan yang lebih baik - Sistem monitoring beban
		High	Rotation Speed	Pengaturan kecepatan gagal	- Kerusakan bantalan - Material terlontar - Ledakan debu		Pemasangan sensor kecepatan sistem pengaman
		Besar	Ukuran Umpan	Kualitas bahan baku buruk, kerusakan saringan	Waktu penggilingan lebih lama dan konsumsi energi meningkat		Kontrol kualitas bahan baku
Vibrating Screen (VS-01)	Berfungsi untuk memisahkan material padat berdasarkan ukuran partikelnya	Besar	Beban Material	Aliran material yang berlebihan, penyumbatan saluran	Kerusakan motor atau kerusakan ayakan	Flow Control (FC)	- Sistem kontrol aliran material - Pasang alarm beban berlebih - Prosedur penanganan penyumbatan