

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Rancangan troubleshooting pada desain proyek pabrik fenilamina disusun berdasarkan hasil penilaian tingkat risiko pada setiap unit proses yang terdapat dalam sistem produksi. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai potensi gangguan atau penyimpangan yang mungkin terjadi selama proses operasi, sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan maupun antisipasi sebelum gangguan tersebut berkembang menjadi permasalahan yang lebih serius. Setiap potensi trouble dianalisis secara sistematis untuk menentukan akar penyebab (root cause), mengevaluasi dampak atau konsekuensi yang dapat ditimbulkan terhadap keselamatan, keandalan peralatan, kualitas produk, serta kontinuitas proses produksi. Selain itu, analisis troubleshooting juga memuat rekomendasi tindakan korektif dan preventif yang dapat diterapkan guna mengatasi penyimpangan yang terjadi serta meminimalkan tingkat risiko. Dengan demikian, rancangan troubleshooting diharapkan dapat mendukung terciptanya proses operasi pabrik fenilamina yang lebih aman, andal, efisien, dan berkelanjutan.

Salah satu metode yang paling banyak diterapkan dalam industri kimia untuk mengidentifikasi, menganalisis, serta mengendalikan potensi bahaya pada suatu sistem proses adalah Hazard and Operability Study (HAZOP). HAZOP merupakan suatu metode analisis keselamatan proses yang dilakukan secara sistematis dan terstruktur dengan tujuan mengidentifikasi penyimpangan (deviation) yang mungkin terjadi dari kondisi operasi maupun desain yang telah ditetapkan. Melalui identifikasi penyimpangan tersebut, HAZOP dapat digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya penyimpangan, mengevaluasi konsekuensi yang mungkin timbul terhadap keselamatan, lingkungan, maupun kontinuitas operasi, serta menentukan tindakan pengendalian yang diperlukan untuk meminimalkan risiko. Dengan demikian, metode ini tidak hanya berfungsi sebagai alat identifikasi bahaya, tetapi juga sebagai sarana untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional suatu pabrik (Mocellin et al., 2022)

Pada Bab 6 mengenai Troubleshooting, metode HAZOP dipilih karena memiliki pendekatan yang logis, sistematis, dan komprehensif dalam mengevaluasi potensi permasalahan yang dapat terjadi selama proses produksi. Analisis dilakukan secara rinci pada setiap bagian proses dengan membandingkan kondisi operasi aktual terhadap kondisi operasi yang dirancang (design intent). Setiap kemungkinan penyimpangan kemudian dianalisis berdasarkan penyebab, dampak yang ditimbulkan, sistem pengaman yang telah tersedia, serta

rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi masalah dilakukan secara lebih mendalam sehingga potensi gangguan operasi maupun kecelakaan kerja dapat diminimalkan. Keunggulan lain dari metode HAZOP adalah sifatnya yang multidisiplin. Pelaksanaan HAZOP umumnya melibatkan berbagai bidang keahlian, seperti teknik proses, teknik keselamatan, instrumentasi dan kontrol, mekanikal, serta operasional. Keterlibatan berbagai disiplin ilmu tersebut menghasilkan pembahasan yang lebih menyeluruh karena setiap penyimpangan dapat ditinjau dari berbagai aspek teknis maupun operasional. Selain itu, metode HAZOP telah diakui secara luas sebagai salah satu standar dalam analisis keselamatan proses di industri kimia sehingga hasil analisis yang diperoleh memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan terkait peningkatan keselamatan dan keandalan sistem proses (Mocellin et al., 2022). Secara umum, pelaksanaan analisis HAZOP dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah mengumpulkan seluruh informasi mengenai proses yang akan dianalisis, seperti Process Flow Diagram (PFD), Piping and Instrumentation Diagram (P&ID), spesifikasi peralatan, kondisi operasi, serta data pendukung lainnya sehingga diperoleh pemahaman yang menyeluruh mengenai sistem proses. Tahap berikutnya adalah membagi keseluruhan sistem menjadi beberapa bagian atau node berdasarkan unit operasi atau karakteristik proses tertentu agar analisis dapat dilakukan secara lebih terfokus. Selanjutnya, setiap node dianalisis menggunakan guide words atau kata kunci HAZOP, seperti No, More, Less, Reverse, As Well As, Part Of, dan Other Than, untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan penyimpangan dari kondisi operasi normal. Setelah penyimpangan berhasil diidentifikasi, dilakukan penelusuran terhadap kemungkinan penyebab terjadinya penyimpangan tersebut beserta konsekuensi yang dapat ditimbulkan terhadap peralatan, produk, lingkungan, maupun keselamatan pekerja. Tahap terakhir adalah mengevaluasi sistem proteksi yang telah tersedia serta menyusun rekomendasi perbaikan atau tindakan mitigasi yang diperlukan untuk mengurangi tingkat risiko sehingga proses dapat dioperasikan secara lebih aman, andal, dan efisien (Mocellin et al., 2022).

Pada perancangan Pabrik Fenilamina, troubleshooting dengan metode HAZOP dibagi berdasarkan jenis unit operasi yang terdapat di dalam proses produksi. Pembagian ini bertujuan agar analisis dapat dilakukan secara lebih sistematis sesuai dengan karakteristik masing-masing peralatan. Unit-unit yang dianalisis meliputi unit penyimpanan (storage unit) yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan baku, produk, maupun utilitas; unit pemindah (transfer unit) yang mencakup pompa, kompresor, serta perpipaan untuk memindahkan fluida antarunit;

unit penukar panas (heat exchanger unit) yang berfungsi mengatur suhu aliran proses; unit reaktor (reactor unit) sebagai tempat berlangsungnya reaksi hidrogenasi nitrobenzena menjadi anilin; serta unit pemisah (separation unit) yang meliputi berbagai peralatan pemisahan, seperti flash drum, kolom distilasi, maupun separator lainnya. Setiap unit tersebut memiliki karakteristik bahaya dan potensi penyimpangan yang berbeda, sehingga memerlukan analisis HAZOP secara spesifik agar seluruh potensi risiko dapat diidentifikasi beserta tindakan pencegahan maupun penanggulangannya secara tepat.

6.1 Troubleshooting Pada Unit Penyimpanan

Tabel 6.1 Analisa Hazard and Operability pada Unit Penyimpanan

Component	Description	Deviation	Cause	Consequence	Safequard	Recomendation
Tangki Penyimpanan Bahan Baku Dan Produk	Untuk Menyimpan bahan baku dan produk	No Feed Flow	Tidak terdapat umpan dalam inlet	Tidak terjadi reaksi, sehingga tidak ada produk yang dihasilkan	Level control (LC), Pressure control (PC)	Tambahkan umpan sesuai dengan kebutuhna atau kapasitas pabrik
		More of feed flow	1.Malfunctioned	Terjadi peningkatan pada beberapa parameter, yaitu:		Pemasangan Flow meter dan flow alarm
			2.Umpn dalam inlet terlalu banyak (berlebihan)	Reacion rate, pressure dan temperature. Ada kemungkinan terjadinya kerusakan pada produk atau ketidaksesuaian dengan spesifikasi produk yang ditentukan pabrik. Terdapat resiko terjadinya thermal explosion (akibat reaction rate yang tinggi dalam reaksi eksotermis)		Monitor umpsn dalam inlet
		Pressure	Malfunctioned	Kebocoran pada pipa (pipeline)		Pemeriksaaan dan pemeliharaan secara berkala pada valve

		Temperatu re	Temperature umpan eningkat	Kerusakan pada produk dan resiko terjadinya thermal explosion.		Monitor temperature pada umpan
		Less of feed flow	Malfunctioned	Efisiensi rendah		Pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala pada valve
		Less of pressure	Malfunctioned	Efisiensi rendah		Pemasangan flow meter dan flow alarm dan pemeriksaan serta pemeliharaan pada valve
		More than impurities	Impuritas umpan dalam inlet	Efisiensi reaksi berkurang produk terkontaminasi, dan resiko kebocoran atau ledakan		Memastikan kualitas dan Analisa bahan baku
		More than phase	Temperature pada umpan berubah	Efisiensi reaksi berkurang		Monitor temperature pada umpan
		Tidak ada power	Power outage	Reactor inactive		Matikan system dan mulai ulang
		Start-up gagal	Control system tidak berfungsi	Reactor inactive		Cek system, lakukan inspeksi dan pemeliharaan pada system

6.2 Troubleshooting Pada Unit Pemindah

Tabel 6.2 Analisa Hazard and Operability pada Unit Pemindah

Component	Description	Deviation	Cause	Consequence	Safeguard	Recommendation
Pompa Sentrifugal	Untuk mengalirkan fluida	No flow	1.Terjadi penumpukan padatan yang terbawa pada fluida di dinding pompa dan pipa pengalir bahan baku, 2.kerusakan pada motor atau pompa, tidak ada arus listrik, impeller tersumbat	Pompa tidak bisa menyala dan bekerja sesuai fungsi proses pemindahan fluida terhabat	Flow control (FC)	-Cek maintenance procedure dan jadwal pemeliharaan pada pompa -Melakukan perbaikan pada motor dan pompa, pemeriksaan aliran listrik secara berkala, pembersihan impeller -Dilakukan pembersihan pada pompa secara berkala (Ummah, 2019)gr
		Low Flow	-kegagalan parsial pada pompa -Shaft bengkok -Bearing rusak adanya sumbatan pada impeller	Minimnya fluida yang teralirkan ke proses selanjutnya	Flow Control (FC)	-Cek maintenance procedure dan jadwal pemeliharaan pada pompa -melakukan penggantian pada shaft, memperkuat pipa, penggantian roller bearing dan underwater bearing

		High pressure	-Tekanan head terlalu tinggi terjadi penyumbatan pada pipa pengisapan dan saringan	-Tidak ada fluida pada head -Terjadi kavitasi	-Flow control (FC) -Pressure control (PC)	-Periksa pemasangan pipa pada jalur akhir, lakukan pembersihan pada pipa -Lakukan pembersihan impeller. Dilakukannya maintenance untuk mengeluarkan gelembung udara pada pompa.
		High Temperature	Perlakuan bahan dengan suhu tinggi	Terjadinya kavitasi	-Flow control (FC) -Temperature control (TC)	Dilakukannya maintenance untuk mengeluarkan gelembung udara pada pompa serta adanya. Penggantian pomp ajika sudah tidak bisa digunakan Kembali.

6.3 Troubleshooting pada unit penukar panas

Tabel 6.3 Analisa Hazard and Operability pada Unit Penukar Panas

NO	Component	Description	Deviation	Cause	Cosequence	Safeguard	Recommendation
1.	Heat exchanger	Untuk menaikkan temperature	Less Temperature	Kegagalan heat Exchanger	Temperature di reactor terlalu rendah	Temperature Control (TC)	Cek maintenance prosedur dan jadwal pemeliharaan untuk heat exchanger
			More temperature		Efisiensi reaksi pada reactor berkurang		Pasang alarm suhu tinggi, pasang pengontrol pada instrument-instrument penting
2.	Kondensor	Untuk merubah fase	No flow	Reboiler steam line gagal menutup	Tidak ada umpan/feed yang masuk ke kondensor dan kemungkinan terjadinya kegagalan pompa	Pressure control (PC)	Jadwal inspeksi dan pemeliharaan, pasang sensor aliran, shutdown pompa kondensor otomatis
			Less flow		1.Umpan yang masuk ke kondensor akan berkurang dan less distillation 2.Penyumbatan atau kebocoran pada pipa		1.Pasang sensor aliran 2.pasang katup aliran minimum, control aliran, dan control temperature

					pendingin kondensor dan uap tidak sepenuhnya menguap		
			High temperature	Temperatur outlet dari CW lebih besar dari desain	Temperature feed meningkat		Cek back-flush connection dan melakukan back-flush secara berkala untuk mendapatkan performa terbaik
			High pressure	Water-failure di condensor	Condensor vent akan bertindak sebagai relief device dan tidak ada efek sampling		High pressure alarm
			High flow	Excessive reboiler steam line	Excessive feed, produk diluar spesifikasi, more distillation		Pasang sensor aliran dan jadwalkan pemeliharaan

6.4 Troubleshooting pada unit reaktor

Tabel 6.4 Analisa Hazard and Operability pada Unit Reaktor

Component	Description	Deviation	Cause	Cosequence	Safeguard	Recommendation
reaktor	Untuk mereaksikan bahan baku	No flow	-penyumbatan pada pipa -control valve untuk membuka, kegagalan dari controller, kegagalan pada pompa	-Tidak ada feed yang masuk ke reactor -Tidak terjadi reaksi pada reactor	Flow control (FC) dan Level control (LC)	Melakukan maintenance dan pemeliharaan untuk flow control (FC) pada reactor, pemasangan alarm high flow control pemeriksaan emergency shutdown system
		Low flow	-Penyumbatan parsial pada pipa control valve untuk membuka -Kegagalan dari controller -kegagalan pada pompa	-jumlah aliran flow bahan yang tersuplai ke reactor sedikit -incomplete reaction	Flow control (FC), level control (LC), dan pressure control (PC)	Pasang low level alarm pada reactor untuk memperingatkan operator
		High flow	-Control valve untuk membuka, kegagalan dari controller	-Excess feed aliran yang tersuplai ke reactor -incomplete reaction	Flow control (FC), Level control (LC),	Pemasangan back up pump, pemasangan pressure indicator di reaktor

			-Kegagalan pada pompa -Tekanan pada reactor terlalu tinggi	-Ratio antar bahan tidak sesuai -Flooding direaktor -Kemungkinan terjadi back flow	dan pressure control (PC)	
		Aliran berbalik	Kegagalan pada temperature control di reaktor	Reaksi yang terjadi tidak sempurna	Temperature control (TC)	Pemasangan high temperature alarm
		High temperature	Suhu output dari heat exchanger lebih besar dari desain	Temperature pada reactor terlalu tinggi dan kemungkinan terjadinya ledakan	Temperature control (TC), dan Flow control (FC)	Pasang pengontrol pada instrument penting
		Low temperature	Kerusakan pada heat exchanger	Menyebabkan efisiensi reaksi berkurang	Temperature control (TC)	Pemeriksa emergency shutdown system

6.5 Troubleshooting Pada Unit Pemisah

Tabel 6.5 Analisa Hazard and Operability pada Unit Pemisah

No	Component	Description	Deviation	Cause	Cosequence	Safeguard	Recommendation
1.	Kolom destilasi	Berfungsi untuk memisahkan produk utama dan produk smaping	No flow	Kegagalan pompa	Tidak ada feed yng masuk kolom destilasi	Flow control (FC) dan level control (LC)	Cek maintenance procedure dan jadwal pemeliharaan pada pompa yang bertugas mengalirkan feed ke kondensor
			Low flow	-Kegagalan parsial pada pompa -control valve gagal untuk merespon	-Jumlah aliran flow bahan yang tersuplai ke reactor sedikit -feed ke kolom tidak mencukupi -control valve gagal untuk merespon	Flow control (FC), level control (LC) dan temperature control (TC)	-Cek maintenance procedure dan jadwal pemeliharaan pada pompa yang bertugas mengalirkan fed ke kolom destilasi -pasang alar system untuk monitoring level dan temperature

			High flow	-Overflow dialiran yang dilalui masuk menuju ke kolom destilasi -Kegagalan pompa tinggi	-Overfeed pada kolom destilasi yang tidak lengkap -Pressure dikolom distilasi meningkat -kemungkinan terjadi ledakan -Black flow dari campuran ke kolom distilasi	Flow control (FC), level control (LC) dan Pressurecontrol (PC)	-Pasang alarm untuk suhu tinggi dan tekanan tinggi -Pasang non-return valve (check valve)
2.	Flash drum	Memisahkan bahan recycle dengan produk	Low flow	Penyumbatan saluran	Tidak ada pasokan kondensat menyebabkan system terlalu panas	Flow control (FC)	Pemeriksaan alur transfer secara teratur dan perawatan maintainance yang rutin
			High temperature	Peningkatan suhu pada flashdrum	Overheating pada tabung pemanas menyebabkan kebocoran tebung dan memicu ledakan	Temperatre control (TC)	Memasang detektor gs untuk mengetahui kbocoran dan pemeriksaan secara berkala
			High pressure	Terdapat korosi pada bagian feed	Korosi menyebabkan keretakan pada pipa	Pressure control (PC)	Memeriksa ketebalan pipa secara teratur dan berkala

Melalui penyusunan rancangan troubleshooting pada lima unit proses, diharapkan potensi risiko kerugian operasional maupun kecelakaan kerja dapat diminimalkan sejak dini melalui identifikasi dan penanganan yang tepat. Apabila terjadi gangguan selama proses operasi, personel pabrik diharapkan mampu mengambil tindakan secara cepat, tepat, dan sesuai dengan prosedur penanggulangan yang telah ditetapkan. Penerapan rancangan troubleshooting ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan keselamatan dan keandalan operasi, tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, kondusif, dan terkendali. Dengan berkurangnya potensi gangguan dan kecelakaan, kinerja operator maupun personel pabrik dapat dipertahankan secara optimal, sehingga kontinuitas proses produksi tetap terjaga dan mutu produk yang dihasilkan dapat memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan.