

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Setiap proses industri kimia berpotensi menghadapi berbagai gangguan operasional yang dapat menghambat kelancaran produksi dan mengancam keselamatan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, diperlukan suatu pendekatan sistematis dalam mengenali, menganalisis, dan menyelesaikan masalah yang muncul pada setiap unit proses. Pendekatan ini dikenal sebagai *troubleshooting*, yaitu proses identifikasi dan pemecahan masalah secara terstruktur untuk mendeteksi gejala gangguan, menelusuri akar penyebabnya, mengevaluasi risiko yang mungkin timbul, serta menentukan tindakan korektif yang paling tepat. Proses identifikasi yang efektif tidak hanya bersifat reaktif terhadap gangguan yang telah terjadi, tetapi juga bersifat proaktif dalam mendeteksi potensi bahaya sebelum berdampak pada operasi pabrik (Kusumastuti dkk., 2024). Selain mempercepat penanganan gangguan, *troubleshooting* yang terencana dengan baik juga berperan dalam memperpanjang umur peralatan, menekan biaya operasi, serta mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang berkaitan dengan proses produksi Isobutil Asetat.

Rancangan *troubleshooting* pada pabrik Isobutil Asetat ini disusun berdasarkan unit-unit proses utama yang ada, meliputi unit preheater, unit menara distilasi reaktif, unit kondensor, unit reboiler, unit Dekanter, serta unit *cooler*. Setiap unit dikaji dari aspek masalah yang berpotensi terjadi, analisis penyebab, estimasi risiko yang ditimbulkan, serta langkah penyelesaian yang dapat diterapkan.

6.1 Unit Pre-Heater

Troubleshooting unit *Pre-heater* dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Troubleshooting Unit *Pre-Heater*

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat <i>Trouble</i>	<i>Troubleshooting</i>
Efisiensi perpindahan panas menurun	1. Terjadi fouling atau scaling pada permukaan pipa dalam maupun pipa luar.	1. Fluida proses tidak mencapai suhu preheat yang ditargetkan sehingga reaksi terganggu.	1. Lakukan pembersihan mekanis atau kimia (<i>chemical cleaning</i>) secara berkala.
	2. Korosi pada pipa akibat sifat asam dari		2. Gunakan material pipa tahan korosi atau

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
	umpan (asam asetat/isobutanol). 3. Laju alir fluida tidak sesuai desain sehingga profil suhu tidak terpenuhi.	2. Produk tidak memenuhi spesifikasi kemurnian. 3. Konsumsi energi meningkat karena beban unit lain bertambah.	tambahkan inhibitor korosi pada fluida. 3. Sesuaikan laju alir fluida sesuai desain operasi.
Tekanan diferensial meningkat	1. Penyumbatan pada pipa dalam akibat endapan atau fouling. 2. Laju alir fluida terlalu tinggi melebihi kapasitas desain. 3. Terjadi deposisi padatan dari fluida proses.	1. Potensi kerusakan mekanis pada pipa. 2. Konsumsi energi pompa meningkat. 3. Downtime proses jika tidak segera ditangani.	1. Lakukan backwash atau pembersihan pipa secara berkala. 2. Periksa dan sesuaikan laju alir fluida. 3. Evaluasi kualitas fluida umpan sebelum masuk preheater.
Kebocoran pada <i>pre-heater</i>	1. Sambungan pipa retak atau seal/gasket rusak akibat korosi. 2. Tekanan operasi melebihi batas desain. 3. Material pipa tidak sesuai dengan sifat fluida (asam asetat bersifat korosif).	1. Kontaminasi antar fluida proses dan utilitas. 2. Kehilangan produk dan bahan baku. 3. Potensi bahaya keselamatan jika uap asam asetat terlepas ke lingkungan kerja.	1. Ganti gasket atau seal yang rusak. 2. Periksa dan kontrol tekanan operasi agar tidak melebihi batas. 3. Evaluasi material konstruksi dan gunakan material tahan korosi.
Suhu outlet fluida tidak stabil	1. Fluktuasi laju alir steam atau hot water sebagai media pemanas. 2. Gangguan pada sistem kontrol temperatur (TIC).	1. Kondisi umpan menuju distilasi reaktif tidak konsisten. 2. Konversi reaksi berfluktuasi sehingga	1. Kalibrasi dan periksa instrumen kontrol temperatur (TIC/TI).

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
	3. Fouling parsial pada sisi shell yang menyebabkan distribusi panas tidak merata.	kemurnian produk tidak stabil. 3. Potensi gangguan pada operasi kolom distilasi reaktif.	2. Stabilkan pasokan steam atau hot water dari unit utilitas. 3. Lakukan inspeksi dan pembersihan sisi shell secara rutin.

6.2 Menara Distilasi Reaktif

Troubleshooting unit Distilasi Reaktif dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 *Troubleshooting* Unit Menara Distilasi Reaktif

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Reaksi tidak berjalan optimal (konversi rendah)	1. Temperatur kolom tidak sesuai kebutuhan reaksi esterifikasi. 2. Katalis Amberlyst-15 terdeaktivasi atau distribusinya tidak merata dalam kolom. 3. Rasio umpan asam asetat dan isobutanol tidak sesuai stoikiometri.	1. Produk isobutil asetat tidak memenuhi spesifikasi kemurnian. 2. Biaya produksi meningkat akibat laju recycle tinggi. 3. Kapasitas produksi tidak tercapai.	1. Lakukan kontrol temperatur secara real time dan adaptif menggunakan TIC. 2. Ganti katalis Amberlyst-15 secara berkala sesuai jadwal regenerasi. 3. Periksa dan sesuaikan rasio umpan menggunakan sistem ratio control (RC).
Flooding pada kolom	1. Laju alir uap terlalu tinggi melebihi kapasitas kolom. 2. Akumulasi cairan berlebih pada tray akibat	1. Efisiensi pemisahan mengalami penurunan signifikan. 2. Tekanan kolom naik dan pressure drop meningkat sehingga jika	1. Turunkan laju alir umpan dan kurangi laju pemanas reboiler. 2. Tinjau ulang desain tray dan lakukan optimasi laju refluks.

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
	desain tray tidak sesuai kondisi operasi. 3. Laju refluks terlalu tinggi.	tidak segera diatasi harus dilakukan shutdown. 3. Produk tidak memenuhi spesifikasi kemurnian.	3. Periksa sistem kontrol level dan tekanan kolom.
Foaming pada kolom	1. Proses pencampuran atau reaksi esterifikasi memicu pembentukan busa. 2. Adanya impuritas dalam umpan yang bereaksi membentuk busa. 3. Kadar air dalam umpan terlalu tinggi.	1. Distribusi cairan dalam kolom terganggu sehingga efisiensi pemisahan menurun. 2. Efisiensi kontak uap-cair menurun. 3. Potensi flooding sekunder akibat akumulasi busa.	1. Tambahkan antifoam agent jika diperlukan. 2. Periksa kualitas dan kemurnian bahan baku sebelum digunakan. 3. Kurangi kadar air dalam umpan melalui pretreatment.
Hot spot pada kolom reaktif	1. Reaksi eksotermik esterifikasi yang tidak terkontrol pada zona reaksi. 2. Pendingin tidak berjalan optimal sehingga produk dan katalis panas tidak dapat dibuang dengan baik. 3. Distribusi katalis tidak merata menyebabkan konsentrasi reaksi tidak homogen.	1. Reaksi terlalu cepat sehingga memungkinkan reaksi balik terjadi sebelum pemisahan. 2. Potensi degradasi Amberlyst-15. 3. Risiko keselamatan akibat tekanan dan suhu tinggi yang tidak terkontrol.	1. Tambahkan pendingin atau heat exchanger tambahan pada zona reaksi. 2. Kontrol dan monitoring adaptif menggunakan TIC pada setiap zona kolom. 3. Optimalkan distribusi katalis dalam packed bed kolom reaktif.

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Kemurnian produk rendah (distilat tidak sesuai spesifikasi)	1. Rasio refluks terlalu rendah sehingga pemisahan tidak sempurna. 2. Temperatur kolom tidak sesuai kondisi kesetimbangan uap-cair campuran. 3. Laju umpan terlalu tinggi melebihi kapasitas pemisahan kolom.	1. Produk isobutil asetat tidak memenuhi spesifikasi kemurnian yang ditetapkan. 2. Biaya pengolahan ulang meningkat. 3. Produk reject menyebabkan kerugian ekonomi.	1. Sesuaikan rasio refluks menggunakan level control (LV-303). 2. Lakukan penyesuaian profil temperatur kolom menggunakan TIC. 3. Kurangi laju umpan agar sesuai kapasitas desain kolom.

6.3 Unit Kondensor

Troubleshooting unit kondensor dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 *Troubleshooting* Unit Kondensor

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Tidak tercapai tekanan vakum / condensing pressure tinggi	1. Laju pendingin (<i>Chilled water</i>) tidak mencukupi kebutuhan kondensasi. 2. Fouling pada sisi pipa dalam kondensor menghambat perpindahan panas. 3. Kebocoran udara ke sistem kondensor.	1. Turunnya kapasitas kondensasi sehingga produk tidak terkondensasi sempurna. 2. Gangguan pada operasi kolom akibat tekanan kondensor yang tidak stabil. 3. Risiko shutdown kolom distilasi jika tidak segera diatasi.	1. Naikkan laju alir <i>chilled water</i> dari unit utilitas. 2. Lakukan pembersihan berkala pada sisi pipa kondensor. 3. Periksa dan perbaiki kebocoran udara pada sistem.

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Temperatur kondensat terlalu tinggi	1. <i>Chilled water</i> masuk kondensor terlalu panas atau laju alirannya rendah. 2. Fouling pada permukaan pipa mengurangi koefisien perpindahan panas. 3. Beban kondensasi melebihi kapasitas desain kondensor.	1. Distilat tidak sesuai spesifikasi karena kondensasi tidak sempurna. 2. Efisiensi kondensor menurun sehingga beban refluks berkurang. 3. Potensi <i>overheating</i> peralatan <i>downstream</i> .	1. Tambahkan suplai <i>Chilled water</i> atau periksa sistem cooling tower. 2. Lakukan cleaning heat exchanger secara berkala. 3. Kurangi laju umpan atau sesuaikan operasi kolom.
Kebocoran antar sisi (produk ke <i>Chilled water</i>)	1. Pipa dalam kondensor retak atau bocor akibat korosi. 2. Seal atau gasket pada sambungan rusak. 3. Korosi pada tube akibat sifat asam kondensat.	1. Kontaminasi produk isobutil asetat dengan <i>chilled water</i> . 2. Kontaminasi <i>chilled water</i> yang dapat merusak sistem utilitas. 3. Potensi bahaya lingkungan jika produk bocor ke sistem air.	1. Ganti tube/gasket yang rusak. 2. Periksa dan ganti gasket secara berkala. 3. Gunakan material konstruksi yang lebih tahan korosi.
Kondensat tidak mengalir lancar	1. Jalur drain kondensor tersumbat oleh endapan. 2. Trap atau valve macet sehingga kondensat tidak dapat dialirkan. 3. Perbedaan level atau tekanan tidak mencukupi untuk mengalirkan kondensat.	1. Kondensat menumpuk dalam kondensor sehingga efisiensi penurunan tekanan turun. 2. Efisiensi pemisahan uap-cair menurun. 3. Potensi water hammer pada jalur pipa.	1. Bersihkan jalur drain dan periksa kondisi pipa secara rutin. 2. Periksa steam trap/valve dan pastikan berfungsi normal. 3. Perbaiki sistem pembuangan kondensat.

6.4 Unit Reboiler

Troubleshooting unit reboiler dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 *Troubleshooting* Unit Reboiler

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Tidak tercapai temperatur target reboiler	1. Fouling/scale pada sisi tube reboiler menghambat perpindahan panas dari steam. 2. Laju suplai steam rendah atau tekanan steam tidak memadai. 3. Tube bocor atau korosi sehingga efisiensi penukar panas menurun.	1. Tidak tercapai komposisi distilat yang diinginkan karena penguapan tidak optimal. 2. Efisiensi kolom distilasi reaktif menurun. 3. Konsumsi energi meningkat akibat panas yang tidak terserap dengan baik.	1. Lakukan <i>cleaning</i> tube reboiler secara berkala. 2. Periksa suplai steam dan kontrol valve untuk memastikan tekanan steam memadai. 3. Periksa tube bundle dan ganti jika ditemukan kebocoran atau korosi parah.
Fluktuasi level cairan dalam reboiler	1. Sistem kontrol level tidak stabil atau tidak terkalibrasi. 2. Pompa sirkulasi mengalami gangguan sehingga aliran balik tidak stabil. 3. Saluran masuk reboiler tersumbat atau terjadi partial blocking.	1. Risiko <i>dry-out</i> (tube kering) yang dapat merusak tube bundle secara permanen. 2. Kerusakan mekanis pada tube akibat thermal shock. 3. Gangguan operasi kolom distilasi reaktif karena pasokan panas tidak konsisten.	1. Kalibrasi dan periksa level controller (LIC) secara berkala. 2. Periksa kondisi pompa sirkulasi dan pastikan beroperasi normal. 3. Bersihkan saluran masuk dan periksa kondisi valve.
Steam consumption terlalu tinggi	1. <i>Fouling</i> pada permukaan <i>heat transfer</i> menyebabkan koefisien	1. Biaya operasi meningkat secara signifikan.	1. Lakukan <i>cleaning</i> rutin pada sisi <i>shell</i> dan <i>tube reboiler</i> .

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
	perpindahan panas menurun. 2. Isolasi pipa steam kurang baik sehingga terjadi heat loss. 3. Efisiensi perpindahan panas reboiler rendah akibat kondisi operasi yang tidak optimal.	2. Kestabilan operasi kolom distilasi reaktif terganggu. 3. Umur peralatan lebih pendek akibat beban operasi berlebih.	2. Tambahkan atau perbaiki isolasi termal pada pipa steam. 3. Evaluasi dan optimasi desain heat transfer reboiler.
Kebocoran cairan ke sisi steam	1. Tube crack atau pecah akibat thermal stress berlebih. 2. Korosi parah pada tube bundle. 3. Seal atau gasket tidak rapat akibat penuaan material.	1. Kontaminasi steam dengan produk proses. 2. Kehilangan produk yang bernilai ekonomis. 3. Potensi bahaya keselamatan jika terjadi tekanan berlebih akibat flash vaporization.	1. Ganti tube bundle yang bocor atau retak. 2. Periksa material reboiler dan gunakan material tahan korosi. 3. Ganti seal/gasket secara berkala sesuai jadwal pemeliharaan.

6.5 Unit Dekanter

Troubleshooting unit dekanter dapat dilihat pada Tabel 6.5

Tabel 6.5 *Troubleshooting* Unit Dekanter

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Pemisahan fase organik dan fase aqueous tidak sempurna	1. Waktu tinggal dalam dekanter terlalu singkat sehingga pemisahan gravitasi tidak optimal.	1. Produk isobutil asetat terkontaminasi air sehingga tidak memenuhi spesifikasi kemurnian.	1. Sesuaikan laju alir umpan ke dekanter agar waktu tinggal mencukupi. 2. Periksa dan kontrol temperatur operasi dekanter

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
	2. Perbedaan densitas antara fase organik dan fase aqueous terlalu kecil. 3. Terbentuknya emulsi akibat adanya surfaktan atau impuritas dalam umpan.	2. Fase aqueous mengandung kadar isobutil asetat tinggi sehingga menyebabkan kerugian produk. 3. Beban pengolahan limbah meningkat.	untuk mengoptimalkan perbedaan densitas. 3. Periksa kualitas bahan baku dan kurangi kadar impuritas pada umpan.
Fluktuasi level antarmuka (interface) fase	1. Sistem kontrol level tidak stabil atau terjadi gangguan sinyal. 2. Laju alir umpan dari kolom distilasi reaktif berfluktuasi. 3. Komposisi umpan berubah-ubah sehingga posisi antarmuka tidak stabil.	1. Fase organik terbawa ke jalur fase aqueous atau sebaliknya sehingga kemurnian produk menurun. 2. Gangguan operasi downstream. 3. Kehilangan produk bernilai tinggi.	1. Kalibrasi dan periksa level indicator control (LIC) secara berkala. 2. Stabilkan laju alir umpan dari kolom distilasi reaktif. 3. Sesuaikan setpoint level controller sesuai komposisi umpan aktual.
Kebocoran pada Dekanter	1. Korosi pada body atau sambungan Dekanter akibat kontak dengan asam asetat sisa. 2. Gasket atau seal rusak akibat penuaan material. 3. Tekanan operasi melebihi batas desain.	1. Kontaminasi lingkungan kerja akibat tumpahan campuran asam asetat dan isobutil asetat. 2. Kehilangan produk dan bahan baku. 3. Potensi bahaya keselamatan akibat sifat toksik dan mudah terbakar isobutil asetat.	1. Ganti gasket atau seal yang rusak secara berkala. 2. Periksa dan kontrol tekanan operasi Dekanter. 3. Gunakan material konstruksi yang tahan korosi asam.

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Fase aqueous terkontaminasi produk organik berlebih	1. Laju alir umpan terlalu tinggi sehingga waktu tinggal tidak memadai. 2. Posisi weir atau baffle dalam Dekanter tidak tepat. 3. Antarmuka fase terlalu tinggi sehingga fase organik terbawa ke jalur aqueous.	1. Beban pengolahan di IPAL meningkat karena kandungan organik tinggi. 2. Kehilangan produk isobutil asetat yang bernilai ekonomis. 3. Potensi pelanggaran baku mutu limbah cair.	1. Kurangi laju alir umpan dan optimalkan waktu tinggal dalam Dekanter. 2. Periksa posisi dan kondisi weir/baffle dalam Dekanter. 3. Turunkan setpoint level antarmuka menggunakan LV-304.

6.6 Unit Cooler

Troubleshooting unit cooler dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 *Troubleshooting Unit Cooler*

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Efisiensi pendinginan menurun	1. Fouling atau scaling pada permukaan pipa dalam <i>cooler</i> . 2. Korosi pada pipa akibat sifat asam sisa dalam produk. 3. Laju alir <i>cooling water</i> tidak mencukupi kebutuhan pendinginan.	1. Temperatur produk isobutil asetat outlet <i>cooler</i> melebihi spesifikasi. 2. Produk tidak memenuhi kondisi penyimpanan yang aman di tangki T-103. 3. Konsumsi energi meningkat karena kebutuhan <i>cooling water</i> bertambah.	1. Lakukan pembersihan berkala pada <i>cooler</i> . 2. Periksa dan sesuaikan laju alir <i>cooling water</i> dari unit utilitas. 3. Gunakan material pipa yang tahan korosi untuk mengurangi <i>fouling</i> .

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat Trouble	Troubleshooting
Tekanan diferensial meningkat	1. Penyumbatan parsial pada pipa dalam akibat fouling atau deposit produk. 2. Laju alir produk terlalu pompa output meningkat. Laju alir produk tinggi melebihi kapasitas desain <i>cooler</i> . 3. Terjadi deposisi material pada dinding pipa.	1. Potensi kerusakan mekanis pada pipa <i>cooler</i> . 2. Konsumsi energi pompa output meningkat. 3. <i>Downtime</i> proses jika tidak segera ditangani.	1. Lakukan backwash atau pembersihan pipa secara berkala. 2. Periksa dan sesuaikan laju alir produk. 3. Evaluasi kondisi pipa dan ganti jika diperlukan.
Kebocoran pada <i>cooler</i>	1. Pipa dalam retak atau bocor akibat korosi dari sisa asam dalam produk. 2. Seal atau gasket pada sambungan rusak. 3. Tekanan operasi melebihi batas desain <i>cooler</i> .	1. Kontaminasi produk isobutil asetat dengan <i>cooling water</i> . 2. Kehilangan produk akhir yang bernilai ekonomis. 3. Potensi bahaya keselamatan jika produk isobutil asetat yang mudah terbakar terlepas ke lingkungan.	1. Ganti pipa atau gasket yang rusak sesegera mungkin. 2. Periksa dan kontrol tekanan operasi <i>cooler</i> . 3. Gunakan material konstruksi tahan korosi.
Temperatur outlet produk tidak stabil	1. Fluktuasi laju alir atau temperatur <i>cooling water</i> dari unit utilitas. 2. Gangguan pada instrumen kontrol (TI) atau sistem perpipaan.	1. Temperatur produk saat masuk tangki penyimpanan tidak konsisten. 2. Potensi penguapan produk di tangki penyimpanan jika temperatur terlalu tinggi.	1. Periksa dan kalibrasi instrumen temperatur (TI) secara berkala. 2. Stabilkan laju alir dan temperatur <i>cooling water</i> dari sistem utilitas. 3. Periksa kondisi operasi dekanter DC-301 yang

Masalah	Analisa Penyebab Masalah	Analisa Risiko/Akibat <i>Trouble</i>	<i>Troubleshooting</i>
	3. Variasi komposisi atau laju alir produk dari dekanter DC-301.	3. Kualitas produk akhir tidak stabil.	menjadi sumber umpan <i>cooler</i> .