

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Pada perancangan pabrik *biolubricant*, disusun pula rancangan *troubleshooting* yang dianalisis berdasarkan tingkat resiko yang akan ditimbulkan dalam setiap unit. Analisis *troubleshooting* digunakan untuk mencegah terjadinya bahaya/masalah yang ditimbulkan dari unit tersebut sehingga dapat diketahui penyebab dan resiko yang terjadi akibat masalah yang ditimbulkan. Rancangan *troubleshooting* dibuat dengan pembagian berdasarkan unit proses yang ada dalam pabrik *biolubricant*, antara lain adalah pada unit penyimpanan, unit pemindahan, unit penukar panas, unit reaktor kimia, dan unit pemisahan.

6.1 Troubleshooting pada Unit Penyimpanan

Tabel 6. 1 *Troubleshooting* pada Unit Penyimpanan

<i>Trouble</i>	Analisis Penyebab <i>Trouble</i>	Analisis Resiko Akibat <i>Trouble</i>	<i>Troubleshooting</i>
Kebocoran pada tangki penyimpanan metil oleat	Korosi pada dinding atau sambungan tangki akibat paparan jangka panjang terhadap asam lemak, kerusakan gasket atau seal akibat thermal cycling dari sistem pemanas internal,	Potensi pencemaran lingkungan apabila cairan tersebut masuk ke sistem drainase. Kehilangan bahan baku secara signifikan akan berdampak langsung pada efisiensi proses dan ekonomian produksi.	Pemeriksaan visual rutin dan pengujian ketebalan dinding tangki menggunakan <i>ultrasonic thickness gauge</i> minimal setiap 6 bulan sekali.
Penurunan suhu pada tangki penyimpanan metil oleat	Kegagalan sistem pemanas internal akibat <i>fouling</i> , kerak, atau kerusakan mekanis pada elemen pemanas.	viskositas metil oleat meningkat drastis sehingga pemompaan menjadi sulit atau tidak mungkin dilakukan, mengakibatkan	Pasang sensor suhu dengan alarm rendah pada tangki. Lakukan inspeksi rutin terhadap sistem pemanas dan media pemanas. Pastikan

	Gangguan pada pasokan media pemanas akibat gangguan utilitas. Isolasi termal tangki yang tidak memadai, terutama pada kondisi lingkungan yang ekstrem.	gangguan pasokan bahan baku ke reaktor.	Insulasi termal tangki dalam kondisi baik dan ganti jika ditemukan kerusakan.
Kontaminasi air pada penyimpanan TMP	Trimetilolpropana bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari lingkungan.	Kandungan air yang berlebih pada TMP akan mengganggu reaksi transesterifikasi	Penyimpanan TMP yang dilengkapi dengan nitrogen blanket untuk mencegah kontak dengan udara lembab. Lakukan analisis kadar air pada TMP secara berkala menggunakan metode Karl Fischer.

6.2 Troubleshooting pada Unit Pemindahan

Tabel 6. 2 *Troubleshooting* pada Unit Pemindahan

<i>Trouble</i>	<i>Analisis Penyebab Trouble</i>	<i>Analisis Resiko Akibat Trouble</i>	<i>Troubleshooting</i>
Kavitasi pada pompa transfer metil oleat	Viskositas fluida yang terlalu tinggi akibat suhu yang terlalu rendah,	Kavitasi menyebabkan kerusakan mekanis pada impeller pompa	Jaga suhu metil oleat pada kisaran operasional yang telah ditentukan

	penyumbatan pada filter hisap, atau putaran pompa yang terlalu tinggi.	berupa pitting dan erosi yang dapat menurunkan efisiensi dan kapasitas pompa secara drastis.	untuk mempertahankan viskositas yang sesuai. Lakukan pembersihan filter hisap secara rutin. Pasang <i>pressure gauge</i> pada sisi hisap pompa untuk monitoring.
Penyumbatan (<i>plugging</i>) pada pipa transfer <i>slurry</i>	<i>Slurry</i> terbentuk dari campuran TMP dan katalis memiliki kecenderungan untuk mengendap apabila kecepatan aliran terlalu rendah atau terjadi gangguan aliran.	Penyumbatan pada pipa <i>slurry</i> dapat menyebabkan penghentian pasokan reaktan ke reaktor, sehingga mengganggu kesinambungan proses produksi.	Desain pipa transfer <i>slurry</i> dengan kemiringan yang cukup dan hindari <i>dead zone</i> . Pastikan kecepatan aliran <i>slurry</i> di atas kecepatan pengendapan kritis. Pasang <i>pressure drop indicator</i> pada jalur pipa untuk mendeteksi awal terjadinya penyumbatan.

6.3 Troubleshooting pada Unit Penukar Panas

Tabel 6. 3 *Troubleshooting* pada Unit Penukar Panas

<i>Trouble</i>	Analisis Penyebab <i>Trouble</i>	Analisis Resiko Akibat <i>Trouble</i>	<i>Troubleshooting</i>
<i>Fouling</i> pada <i>heat exchanger pre-treatment</i> TMP	Pengendapan material organik (residu TMP atau katalis) pada permukaan <i>tube heat exchanger</i> . Suhu operasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi termal TMP dan pembentukan deposit polimerik.	Kandungan air pada TMP yang masuk ke reaktor melebihi batas yang diizinkan, sehingga konversi reaksi transesterifikasi menurun	Monitoring <i>pressure drop</i> secara kontinu pada <i>heat exchanger</i> sebagai indikator awal <i>fouling</i> .
Penurunan performa cooler produk akhir	Penurunan laju alir media pendingin (<i>cooling water</i>) akibat kerak pada sisi pendingin juga mengurangi efisiensi perpindahan panas. Kerusakan atau kebocoran pada tube bundle menyebabkan mixing antara	Apabila pendinginan tidak berjalan optimal, produk <i>biolubricant</i> yang keluar dari cooler masih berada pada suhu tinggi sehingga dapat merusak peralatan <i>downstream</i> .	Monitoring suhu outlet produk dan inlet/outlet media pendingin secara kontinu. Pasang <i>temperature alarm</i> pada outlet <i>cooler</i> untuk memberikan peringatan dini apabila suhu produk melebihi batas.

produk dan media pendingin.

6.4 Troubleshooting pada Unit Reaktor

Tabel 6. 4 *Troubleshooting* pada Unit Reaktor

<i>Trouble</i>	Analisis Penyebab Trouble	Analisis Resiko Akibat Trouble	<i>Troubleshooting</i>
Deaktivasi katalis K ₂ CO ₃ akibat kontaminasi air	Air yang terbawa bersama TMP dari tahap pretreatment dapat bereaksi dengan K ₂ CO ₃ membentuk KHCO ₃ atau KOH, yang memiliki aktivitas katalitik berbeda. Selain itu, produk samping reaksi (metanol) dapat membawa serta uap air yang terlarut, yang kemudian berkondensasi kembali ke fase cair reaktor. Kondisi operasi yang tidak optimal (suhu terlalu rendah)	Penurunan laju reaksi transesterifikasi sehingga konversi TMP menjadi triester tidak mencapai target. Produk yang keluar dari reaktor akan mengandung lebih banyak impuritas berupa mono- dan di-ester, yang akan mempersulit proses pemurnian.	Optimasi kondisi operasi heat exchanger pretreatment untuk memastikan pengeringan TMP yang efektif. Monitor konversi reaksi secara berkala melalui sampling dan analisis GC pada aliran keluaran reaktor. Apabila konversi menurun, periksa kualitas umpan dan pertimbangkan penambahan katalis segar.

	juga mengurangi aktivitas katalitik.		
Kegagalan pengadukan pada reaktor berpengaduk	Kegagalan motor pengaduk akibat overload yang disebabkan oleh viskositas campuran reaksi yang terlalu tinggi.	Konversi reaksi akan menurun drastis dan distribusi produk tidak seragam. Selain itu, titik panas (<i>hot spot</i>) dapat terbentuk akibat perpindahan panas yang tidak merata, yang berisiko menyebabkan degradasi termal produk.	Pasang <i>torque meter</i> dan <i>vibration sensor</i> pada sistem pengaduk untuk monitoring kondisi operasi secara <i>real-time</i> . Atur laju pengisian reaktor (<i>filling rate</i>) untuk menghindari <i>overload</i> .
Akumulasi metanol yang tidak mencukupi dalam proses <i>degassing</i>	Kinerja separator degassing yang tidak optimal akibat gangguan pada kondensor parsial atau reboiler yang terpasang pada reaktor. Laju aliran nitrogen yang tidak memadai sebagai carrier gas untuk menyapu metanol dari fase uap. Sumbatan atau fouling pada kolom separator	Akumulasi metanol di dalam reaktor akan menggeser kesetimbangan reaksi ke arah reaktan, sehingga konversi triester menurun. Konsentrasi metanol yang tinggi juga dapat mempengaruhi keseimbangan fasa campuran reaksi, mengganggu dispersi katalis, dan meningkatkan risiko ledakan di dalam reaktor	Monitor tekanan parsial metanol dalam fase uap reaktor secara kontinu menggunakan sensor tekanan dan analisis komposisi uap. Pastikan laju aliran nitrogen memenuhi spesifikasi desain. Jika efisiensi degassing menurun, lakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap kondensor, reboiler, dan sambungan pipa separator.

yang
menghambat
aliran uap.

6.5 Troubleshooting pada Unit Pemisahan

Tabel 6. 5 Troubleshooting pada Unit Pemisahan

<i>Trouble</i>	<i>Analisis Penyebab Trouble</i>	<i>Analisis Resiko Akibat Trouble</i>	<i>Troubleshooting</i>
Penyumbatan pada filter pemisah katalis K_2CO_3	Akumulasi berlebih partikel katalis K_2CO_3 yang tidak terlarut pada media filter, terutama jika jumlah katalis yang digunakan melebihi kapasitas filter.	Penyumbatan filter menyebabkan peningkatan pressure drop yang berpotensi merusak media filter dan menyebabkan katalis lolos ke aliran produk. Katalis yang terbawa ke unit distilasi dapat menyebabkan fouling pada kolom distilasi dan mempengaruhi kualitas produk akhir	Monitor <i>pressure drop</i> pada filter secara kontinu. Optimasi konsentrasi katalis pada reaktor untuk meminimalkan beban padatan pada filter. Gunakan <i>pre-filter</i> sebagai tahap pertama untuk mengurangi beban pada filter utama.
Penurunan vakum pada unit distilasi	Kebocoran pada <i>flange</i> , <i>valve</i> , atau sambungan dalam sistem distilasi vakum menyebabkan	Kondisi ini dapat menyebabkan degradasi termal produk <i>biolubricant</i> yang sensitif terhadap suhu	Lakukan <i>leak test</i> (uji kebocoran) secara rutin pada seluruh sambungan sistem vakum menggunakan

	masuknya udara yang merusak kondisi vakum	tinggi. Selain itu, pemisahan komponen menjadi tidak sempurna sehingga produk bawah distilasi mengandung impuritas dalam jumlah yang melebihi spesifikasi	detektor kebocoran ultrasonic. Monitor tekanan operasi distilasi secara kontinu dan bandingkan dengan nilai desain. Periksa kondisi pompa vakum secara berkala.
Kualitas produk <i>biolubricant</i> tidak memenuhi spesifikasi	Ketidaksempurnaan pemisahan pada kolom distilasi vakum akibat <i>reflux ratio</i> yang tidak optimal, <i>flooding</i> pada kolom, yang rusak. Konversi reaksi yang tidak mencapai target akibat permasalahan di unit reaktor. Kontaminasi silang akibat kebocoran pada peralatan atau kesalahan pengoperasian <i>valve</i> pada jalur <i>recycle</i> .	Produk <i>biolubricant</i> dengan kemurnian rendah tidak dapat digunakan sebagai <i>biolubricant</i> berkualitas tinggi karena impuritas berupa metil oleat sisa dan monoester/diester dapat menurunkan viskositas indeks, stabilitas termal, dan performa pelumasan. Produk yang tidak memenuhi spesifikasi harus diproses ulang.	Kalibrasi secara rutin semua instrumen pengukuran (suhu, tekanan, level) pada unit distilasi. Jika kualitas produk menurun, lakukan investigasi bertahap mulai dari unit reaktor hingga unit pemisahan untuk mengidentifikasi akar penyebab.