

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Analisis *troubleshooting* pada prarancangan pabrik Sodium Methylate dianalisa menggunakan metode *Failure Mode and effect Analysis* (FMEA) yang dikembangkan untuk mengidentifikasi kegagalan potensial dalam proses dengan mendefinisikan penyebab dan efeknya (Aguir et al., 2010). *Troubleshooting* merupakan metode analisis untuk mengidentifikasi penyebab gangguan pada peralatan atau proses sehingga tindakan korektif dapat dilakukan untuk mencegah kegagalan operasi (Towler & Sinnott, 2008). Fungsi dari *troubleshooting* tidak hanya untuk memperbaiki masalah, tetapi juga untuk memastikan umur panjang alat, biaya produksi dan mencegah bahaya keselamatan yang terkait dengan berjalannya proses produksi sodium methylate.

Pembagian rancangan *troubleshooting* dibuat berdasarkan unit proses dalam pabrik sodium methylate, antara lain unit penyimpanan, unit pemindahan, unit penukar panas, unit reaksi, unit pemisahan serta unit pendukung proses.

Tabel 6.1. Troubleshooting

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
Tangki Methanol (T-01)									
Penyimpanan methanol	Kebocoran tangki	1. Kehilangan bahan baku methanol. 2. Bahaya kebakaran atau ledakan akibat uap methanol yang mudah terbakar.		1. Korosi pada dinding tangki akibat paparan bahan kimia dan kelembaban. 2. <i>Overpressure</i> pada tangki. 3. Kerusakan	3	<i>Level indicator & pressure valve</i>	4	120	1. Melakukan inspeksi ketebalan tangki secara berkala. 2. Aplikasi <i>coating</i> anti-korosi pada permukaan tangki. 3. Pemeriksaan sambungan pipa dan <i>flange</i> secara rutin.

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		3. Pencemaran lingkungan di area penyimpanan.		sambungan pipa atau <i>flange</i> .					
	<i>Overpressure</i>	1. Risiko ledakan pada tangki penyimpanan. 2. Kerusakan struktur tangki dan pipa yang terhubung. 3. Potensi kebakaran akibat pelepasan uap methanol.	10	1. Jalur <i>vent</i> tersumbat atau tidak berfungsi dengan baik. 2. Kegagalan <i>pressure relief valve</i> . 3. Peningkatan temperatur di dalam tangki.	2	<i>Pressure relief valve</i>	3	60	1. Melakukan pengujian berkala pada PSV. 2. Memasang <i>flame arrestor</i> pada sistem <i>vent</i> . 3. Pemeriksaan dan pembersihan jalur <i>vent</i> secara rutin.
	Kontaminasi air	1. Penurunan kemurnian methanol. 2. Gangguan pada proses reaksi di unit proses selanjutnya. 3. Penurunan kualitas produk akhir.	8	1. <i>Seal</i> tangki mengalami kebocoran. 2. Kondensasi uap air di dalam tangki akibat perubahan temperatur. 3. Kontaminasi saat proses transfer bahan.	4	Sampling rutin	5	160	1. Penambahan sistem nitrogen <i>blanketing</i> pada tangki. 2. Perbaikan atau penggantian seal tangki. 3. Monitoring kualitas methanol secara berkala melalui sampling.

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
	<i>Level overfill</i>	1. Tumpahan methanol di area penyimpanan. 2. Risiko kebakaran akibat uap methanol yang mudah terbakar. 3. Kerugian bahan baku dan potensi bahaya bagi pekerja.	9	1. Kegagalan sistem <i>level control</i> . 2. Kesalahan operator saat proses pengisian tangki. 3. Kerusakan atau ketidakakuratan <i>sensor level</i> .	3	<i>Level alarm</i>	4	108	1. Pemasangan sistem <i>high level trip</i> . 2. Kalibrasi sensor level secara berkala. 3. Penerapan prosedur pengisian tangki yang lebih ketat.
	Penguapan tinggi	1. Kehilangan bahan baku akibat penguapan. 2. Peningkatan konsentrasi uap methanol di area tangki. 3. Penurunan efisiensi penyimpanan bahan baku.	7	1. Temperatur lingkungan yang tinggi. 2. Sistem <i>venting</i> yang tidak optimal. 3. Insulasi tangki yang kurang baik.	4	<i>Vent system</i>	5	140	1. Penambahan insulation pada tangki. 2. Pemasangan <i>floating roof</i> atau <i>vapor recovery system</i> . 3. Monitoring temperatur tangki secara berkala.
Reactive Distillation (RD-01)									

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
Operasi Kolom	Reaksi tidak berjalan optimal (konversi rendah)	1. Produk tidak memenuhi spesifikasi kemurnian. 2. Biaya produksi meningkat karena <i>recycle</i> tinggi.	8	1. Temperatur kolom tidak sesuai kebutuhan reaksi. 2. Distribusi katalis tidak merata atau katalis terdeaktivasi.	4	Kontrol temperatur & monitoring	4	128	1. Melakukan kontrol temperatur secara <i>real time</i> dan adaptif. 2. Mengganti spesifikasi bahan baku pelarut atau katalis. 3. Melakukan optimalisasi laju alir umpan untuk memaksimalkan laju reaksi.
	<i>Flooding</i>	1. Efisiensi pemisahan mengalami penurunan 2. Tekanan kolom naik dan <i>pressure drop</i> meningkat, jika tidak segera diatasi harus dilakukan <i>shutdown</i>	9	1. Laju alir uap terlalu tinggi 2. Akumulasi cairan pada <i>tray</i> yang terlalu berlebihan akibat desain <i>tray</i> tidak sesuai	3	Kontrol tekanan & laju alir	4	108	1. Menurunkan temperatur dengan mengurangi laju pemanas <i>reboiler</i> 2. Tinjau ulang desain <i>tray</i> dan melakukan optimasi <i>tray</i> jika memungkinkan
	<i>Foaming</i>	1. Distribusi cairan yang terganggu	6	1. Kemungkinan terjadi jika proses pencampuran atau reaksi yang dapat	3	<i>Quality control feed</i>	5	90	1. Menambahkan <i>antifoam</i> jika perlu 2. Melakukan pengecekan kualitas

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		2. Efisiensi kontak uap - cair menurun.		memicu pembentukan busa 2. Adanya impuritas yang bereaksi membentuk busa					bahan baku sebelum digunakan
	<i>Hot spot</i>	1. Reaksi terlalu cepat sehingga memungkinkan reaksi <i>reversible</i> terjadi sebelum pemisahan. 2. Potensi mengalami degradasi produk.	9	1. Reaksi eksotermik yang tidak terkontrol 2. Pendingin tidak berjalan dengan optimal	3	Monitoring temperatur	4	108	1. Menambahkan pendingin atau <i>heat exchanger</i> didalam distilasi 2. Kontrol dan monitoring adaptif
<i>Belt Conveyor (BC-01)</i>									
Operasi dan Pemindahan padatan	<i>Belt</i> putus	1. Proses pemindahan material berhenti. 2. Gangguan pada kontinuitas operasi unit proses berikutnya.	9	1. <i>Overload</i> akibat kapasitas material melebihi desain. 2. Keausan <i>belt</i> akibat penggunaan jangka panjang. 3. Ketidaksesuaian spesifikasi <i>belt</i> dengan beban operasi.	3	Sensor beban	3	81	1. Menggunakan <i>belt</i> sesuai dengan kapasitas desain <i>conveyor</i> . 2. Melakukan inspeksi kondisi <i>belt</i> secara berkala. 3. Mengontrol laju umpan material agar tidak melebihi kapasitas.

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		3. Potensi kerusakan pada komponen <i>conveyor</i> lainnya.							
	<i>Belt slip</i>	1. Penurunan kapasitas pemindahan material. 2. Ketidakstabilan operasi <i>conveyor</i> . 3. Potensi keausan lebih cepat pada <i>belt</i> dan <i>pulley</i> .	6	1. Tegangan belt yang kurang optimal. 2. Permukaan <i>pulley</i> licin akibat kotoran atau debu. 3. Ketidaksesuaian <i>alignment</i> antara <i>pulley</i> dan <i>belt</i> .	4	Inspeksi visual	4	96	1. Mengatur tegangan <i>belt</i> sesuai spesifikasi operasi. 2. Membersihkan <i>pulley</i> secara berkala. 3. Melakukan pengecekan <i>alignment</i> sistem <i>conveyor</i> .
	Material tumpah	1. Kehilangan material selama proses transportasi. 2. Penurunan efisiensi proses pemindahan material. 3. Potensi bahaya keselamatan	6	1. <i>Alignment belt</i> tidak tepat. 2. Keausan pada <i>skirt</i> atau <i>guard</i> . 3. Laju umpan material terlalu tinggi.	4	<i>Guard & skirt</i>	4	96	1. Melakukan <i>alignment belt</i> secara rutin. 2. Mengganti <i>skirt</i> atau <i>guard</i> yang sudah aus. 3. Mengontrol laju umpan material agar stabil.

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		akibat material di area kerja.							
	Motor panas	1. Penurunan performa motor penggerak conveyor. 2. Risiko kerusakan motor jika suhu terlalu tinggi. 3. Downtime pada sistem conveyor.	8	1. <i>Overload</i> pada motor akibat beban berlebih. 2. Sistem pendinginan motor tidak optimal. 3. Ketidakseimbangan beban pada conveyor.	3	<i>Thermal relay</i>	3	72	1. Monitoring arus listrik motor secara berkala. 2. Memastikan sistem pendinginan motor bekerja dengan baik. 3. Mengontrol kapasitas material agar tidak melebihi desain.
	Roller macet	1. Peningkatan gesekan pada belt conveyor. 2. Kerusakan atau keausan belt lebih cepat. 3. Gangguan pada kelancaran pergerakan material.	7	1. Kerusakan bearing pada roller. 2. Penumpukan debu atau material pada roller. 3. Kurangnya pelumasan pada komponen roller.	4	Pemeriksaan rutin	4	112	1. Mengganti roller secara berkala sesuai jadwal pemeliharaan. 2. Membersihkan roller dari debu atau material yang menumpuk. 3. Melakukan pelumasan bearing secara rutin.
Heat Exchanger									
Pemanasan fluida dan Operasi HE	Efisiensi turun	1. Penurunan kapasitas penukar panas	8	1. <i>Fouling/scale</i> pada permukaan pipa	5	Monitoring ΔT	4	160	1. Lakukan <i>cleaning (mechanical/chemical)</i>

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		2. Produk tidak mencapai suhu target 3. Konsumsi energi meningkat		2. Korosi pada <i>tube/shell</i> 3. Aliran fluida tidak sesuai desain					2. Cek kondisi <i>tube/shell</i> 3. Sesuaikan laju alir fluida
	<i>Pressure drop tinggi</i>	1. Potensi kerusakan pipa 2. Konsumsi energi pompa meningkat 3. <i>Downtime</i> proses	7	1. Deposisi padatan pada <i>tube</i> 2. Pipa tersumbat 3. <i>Flow distribution</i> tidak merata	4	<i>Pressure indicator</i>	4	112	1. Lakukan <i>backwash/cleaning</i> 2. Periksa distribusi aliran 3. Desain ulang <i>baffle</i> jika perlu
	Kebocoran <i>tube</i>	1. Kontaminasi antar fluida 2. Kehilangan produk 3. Potensi bahaya keselamatan (jika fluida beracun)	9	1. <i>Tube</i> pecah atau retak akibat korosi/ <i>erosion</i> 2. <i>Seal/gasket</i> rusak 3. Tekanan operasi terlalu tinggi	3	<i>Leak test</i>	4	108	1. Ganti <i>tube bundle/gasket</i> 2. Periksa & kontrol tekanan 3. Evaluasi material konstruksi
	<i>Overheating</i>	1. Kerusakan mekanis akibat <i>thermal stress</i>	8	1. Aliran pendingin kurang	3	<i>Temperature control</i>	4	96	1. Tingkatkan laju pendingin

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		2. Penurunan kualitas produk 3. Resiko <i>shutdown</i> mendadak		2. <i>Fouling</i> pada sisi pendingin 3. Temperatur fluida masuk terlalu tinggi					2. Lakukan pembersihan rutin 3. Kontrol temperatur <i>inlet</i> fluida
	Getaran berlebih	1. <i>Tube</i> retak 2. Kebisingan operasional 3. Umur peralatan berkurang	7	1. <i>Flow-induced vibration</i> 2. Pemasangan <i>baffle</i> kurang tepat 3. Kecepatan fluida terlalu tinggi	3	<i>Visual inspection</i>	5	105	1. Kurangi laju alir fluida 2. Perbaiki desain <i>baffle</i> 3. Pasang <i>damper</i> /penahan getaran
Membran Pervaporasi (MP-01)									
Proses separasi	Fluks permeat rendah	1. Kapasitas pemisahan menurun 2. Kualitas produk tidak tercapai 3. Biaya operasi meningkat karena <i>recycle</i>	8	1. <i>Fouling</i> atau <i>scaling</i> pada membran 2. Konsentrasi feed tidak sesuai 3. Tekanan diferensial rendah 4. Suhu operasi terlalu rendah	5	Monitoring <i>flow permeat</i>	4	160	1. Lakukan <i>cleaning</i> membran (CIP) 2. Sesuaikan konsentrasi feed 3. Cek pompa & sistem vakum 4. Naikkan suhu sesuai desain
	<i>Selectivity</i> rendah	1. Produk tercampur kontaminan	9	1. Membran rusak atau bocor	3	Uji kualitas produk	4	108	1. Ganti modul membran

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		2. Tidak memenuhi spesifikasi kemurnian 3. Kehilangan produk berharga		2. Temperatur operasi di luar spesifikasi 3. Material feed agresif terhadap membran					2. Kontrol suhu operasi 3. Evaluasi ketahanan material membran
	ΔP terlalu tinggi	1. Kerusakan mekanis pada membran 2. Konsumsi energi tinggi 3. Umur membran berkurang	8	1. Fouling berat pada permukaan membran 2. Kanal modul tersumbat 3. Desain laju alir tidak sesuai	4	<i>Pressure indicator</i>	4	128	1. Lakukan <i>backwash</i> / <i>cleaning</i> 2. Periksa distribusi aliran feed 3. Optimasi laju alir umpan
	Kebocoran <i>feed</i> ke permeat	1. Produk terkontaminasi 2. Tidak memenuhi spesifikasi kualitas 3. Potensi bahaya jika <i>feed</i> beracun	9	1. Kerusakan fisik membran (<i>crack</i> , <i>pinhole</i>) 2. <i>Seal</i> atau gasket bocor 3. Modul tidak terpasang dengan benar	3	Monitoring komposisi	5	135	1. Ganti modul membran rusak 2. Periksa & pasang ulang gasket/ <i>seal</i> 3. Cek pemasangan modul

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
	Umur membran pendek	1. Biaya penggantian membran meningkat 2. <i>Downtime</i> proses lebih sering 3. Efisiensi <i>plant</i> turun	7	1. Operasi di luar range (suhu, pH, tekanan) 2. Kontaminan kimia (pelarut agresif) 3. Frekuensi <i>cleaning</i> terlalu sering dengan bahan kimia keras	4	SOP operasi	5	140	1. Operasikan sesuai spesifikasi 2. Gunakan bahan <i>cleaning</i> yang sesuai 3. Evaluasi <i>pretreatment feed</i>
Pompa									
Transfer fluida	Pompa tidak menyala	1. Aliran fluida menuju unit proses berikutnya terhenti. 2. Gangguan pada kontinuitas operasi proses. 3. Potensi <i>downtime</i> pada sistem produksi.	9	1. Kerusakan pada motor penggerak pompa. 2. Gangguan pada sistem kelistrikan atau panel kontrol. 3. Kegagalan sistem <i>starter</i> atau kontaktor motor.	3	Panel kontrol	3	81	1. Melakukan <i>preventive maintenance</i> secara berkala pada pompa dan motor. 2. Pemeriksaan sistem kelistrikan dan panel kontrol secara rutin. 3. Pengujian fungsi motor sebelum operasi.
	Debit rendah	1. Penurunan kapasitas aliran fluida ke unit proses	7	1. Keausan pada <i>impeller</i> pompa.	4	<i>Flow indicator</i>	4	112	1. Melakukan penggantian <i>impeller</i> yang sudah aus.

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		berikutnya. 2. Penurunan efisiensi proses produksi. 3. Ketidakstabilan kondisi operasi pada unit downstream.		2. Penyumbatan pada jalur pipa atau filter. 3. Kecepatan putaran pompa tidak sesuai desain.					2. Pembersihan jalur pipa dan filter secara berkala. 3. Monitoring laju aliran untuk memastikan kondisi operasi stabil.
	Kavitasi'''	1. Kerusakan pada <i>impeller</i> pompa akibat gelembung uap. 2. Penurunan performa pompa dan efisiensi operasi. 3. Timbulnya getaran dan kebisingan pada pompa.	8	1. NPSH tidak mencukupi. 2. Tekanan pada sisi <i>suction</i> terlalu rendah. 3. Desain jalur <i>suction</i> yang kurang optimal.	4	Monitoring tekanan	5	160	1. Memperbaiki desain <i>suction line</i> agar kehilangan tekanan lebih kecil. 2. Menjaga level fluida pada tangki umpan tetap stabil. 3. Monitoring tekanan <i>suction</i> secara berkala.
	Kebocoran seal	1. Kehilangan fluida selama proses transfer. 2. Potensi bahaya keselamatan	9	1. Keausan pada <i>mechanical seal</i> . 2. Pemasangan seal yang kurang tepat. 3. Tekanan operasi yang terlalu tinggi.	3	Inspeksi rutin	4	108	1. Penggantian seal secara berkala sesuai jadwal pemeliharaan. 2. Pemeriksaan kondisi seal saat <i>shutdown</i> atau <i>maintenance</i> .

<i>Process Step</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>S</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>O</i>	<i>Current Controls</i>	<i>D</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
		jika fluida bersifat mudah terbakar atau beracun. 3. Penurunan efisiensi operasi pompa.							3. Pengoperasian pompa sesuai batas tekanan desain.
	<i>Overheating</i>	1. Peningkatan temperatur pada motor pompa. 2. Risiko kerusakan atau terbakar pada motor. 3. <i>Downtime</i> pada sistem pemompaan.	8	1. Beban operasi yang melebihi kapasitas pompa. 2. Sistem pendinginan motor tidak optimal. 3. Pelumasan <i>bearing</i> yang tidak memadai.	3	<i>Thermal protection</i>	3	72	1. Menambahkan atau memastikan sistem pendinginan motor bekerja baik. 2. Monitoring arus listrik motor secara berkala. 3. Melakukan pelumasan <i>bearing</i> sesuai jadwal pemeliharaan.

Skor keparahan (*Severity*) berdasarkan kepuasan pelanggan (Diadaptasi dari Ben-Daya (1996), pada tabel di bawah ini.

Keparahan	Skor
Pelanggan kemungkinan tidak menyadari	1
Sedikit gangguan	2 atau 3
Ketidakpuasan pelanggan	4 atau 6
Tingkat ketidakpuasan pelanggan tinggi	7 atau 8

Keparahan	Skor
Konsekuensi keselamatan/regulasi	9 atau 10

Penilaian kejadian (*Occurrence*) berdasarkan probabilitas kegagalan (Diadaptasi dari Ben-Daya (1996), pada tabel di bawah ini

Kejadian	Probabilitas	Skor
Kemungkinan kegagalan sangat kecil	Kurang dari 1/20,000	1
Tingkat kegagalan rendah	Sekitar 1/10,000	2 atau 3
Tingkat kegagalan sedang	Sekitar 1/1,000	4 atau 6
Tingkat kegagalan tinggi	Sekitar 1/100	7 atau 8
Tingkat kegagalan sangat tinggi	Sekitar 1/10 atau lebih	9 atau 10

Penilaian deteksi (*Detection*) berdasarkan kemungkinan cacat mencapai pelanggan (Diadaptasi dari Ben-Daya (1996), pada tabel di bawah ini.

Deteksi	Probabilitas	Skor
Sangat tinggi	0% sampai 5%	1
Tinggi	6% sampai 15%	2
	16% sampai 25%	3
	26% sampai 35%	4
	36% sampai 45%	5
Sedang	46% sampai 55%	6

Deteksi	Probabilitas	Skor
Rendah	56% sampai 65%	7
	66% sampai 75%	8
	76% sampai 85%	9
Sangat rendah	86% sampai 100%	10

Pada rancangan *troubleshooting* unit proses dan unit pendukung dapat mencegah/mengantisipasi risiko kerugian dan kecelakaan kerja dalam diminimalisir dan dihindari dengan rancangan solusi serta *trouble* yang terjadi, sehingga dapat mengurangi risiko kerugian, kecelakaan kerja dan dapat mengetahui lebih mengenai solusi setiap permasalahan separasi menjadikan operasi berjalan produktif dan efisien.