

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Troubleshooting adalah sebuah istilah yang merujuk kepada sebuah bentuk penyelesaian sebuah masalah. *Troubleshooting* merupakan pencarian sumber masalah secara sistematis sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan. Pada pra rancangan pabrik methanol dianalisa berdasarkan tingkat penilaian resiko pada proses yang terjadi di setiap unit. *Troubleshooting* merupakan suatu cara pemecahan masalah yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai gejala yang ada pada suatu alat maupun proses. Pentingnya melakukan analisa *troubleshooting* guna mencegah kemungkinan masalah yang terjadi, sehingga kemungkinan penyebab, resiko yang terjadi akibat *trouble*, dan bagaimana kemungkinan-kemungkinan cara penyelesaian terhadap *trouble* yang terjadi bisa diketahui. Fungsi dari *troubleshooting* sendiri tidak hanya untuk memperbaiki masalah, tetapi juga untuk memastikan umur panjang alat, biaya produksi, dan mencegah bahaya keselamatan yang terkait dengan berjalannya proses produksi metanol.

Salah satu metode untuk menganalisa risiko dan meminimalisir potensi bahaya di industri kimia adalah menggunakan metode *Hazard and Operability* (HAZOP). HAZOP merupakan metode pembelajaran untuk menganalisa bahaya (*hazard*) suatu sistem. HAZOP digunakan untuk menjelaskan setiap bagian dari proses untuk mengetahui penyimpangan-penyimpangan yang dapat terjadi dari desain peralatan yang telah dibuat dan mengidentifikasi penyebab dan akibatnya (Lahay et al., 2022).

Alasan penggunaan HAZOP sebagai metode penyelesaian pada Bab 6 *Troubleshooting* ini karena Teknik HAZOP merupakan sistem yang sistematis sehingga dapat menghasilkan kajian yang komprehensif. HAZOP juga bersifat multi-disiplin sehingga hasil kajian akan lebih mendalam dan rinci karena telah ditinjau dari berbagai latar belakang disiplin dan keahlian. Prosedur membuat HAZOP secara garis besar adalah sebagai berikut (Hariyanto et al., 2019).

- a. Mengumpulkan gambaran atau deskripsi proses selengkap-lengkapnyanya pada sebuah *plant*.
- b. Membagi sistem menjadi beberapa sub sistem yang lebih kecil. Pada tahap ini tidak ada ketentuan khusus untuk pembagiannya.

- c. Menginvestigasi adanya kemungkinan penyimpangan (deviasi) pada sub sistem menggunakan kata kunci (*guide words*) untuk mempermudah proses analisa.
- d. Mengidentifikasi kemungkinan penyebab dari penyimpangan yang terjadi.
- e. Penentuan tindakan proteksi yang sesuai untuk tiap penyimpangan yang terjadi pada tiap elemen.

Rancangan *troubleshooting* dibuat dengan pembagian berdasarkan unit proses yang ada dalam pabrik methanol, antara lain unit penyimpanan, unit penyerapan dan pemisahan, unit pemindahan, unit sintesis, unit pemisahan, dan unit penukar panas.

6.1 Unit Penyimpanan

Tabel 6.1 *Troubleshooting* pada Unit Penyimpanan (Indriawati, 2018)

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Trouble or Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation Troubleshooting</i>
1	Tangki Gas (<i>Flue gas</i> dan Hidrogen)	Untuk menyimpan bahan baku <i>flue gas</i> dan hidrogen	Kebocoran tangki penyimpanan	1. Terdapat kebocoran pipa di sekitar tangki penyimpanan karena <i>seal</i> yang tidak rapat 2. Terdapat lubang pada tangki akibat <i>overpressure</i> karena <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) tidak berfungsi optimal, adanya kemungkinan suhu yang naik menyebabkan tekanan tangki	1. Bahan baku dan produk banyak terbuang sehingga mengurangi konversi hasil pada produk. 2. Bahan baku akan terbuang ke lingkungan. Bahan baku dapat menyebabkan bahaya pada lingkungan seperti pencemaran dan mudah terbakar. 3. Berbahaya bagi lingkungan kerja. 4. Bahan baku akan	• <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Flow Control</i> (FC)	1. Mencari titik kebocoran tangki. 2. Memeriksa <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) dan <i>Flow Control</i> pada tangki sesuai dengan kondisi operasi 3. Melakukan perawatan pada tangki. 4. Melakukan pengelasan dan penambalan jika terdapat kebocoran pada tangki. 5. Melakukan pengecekan <i>maintenance</i> prosedur dan jadwal pemeliharaan. 6. Pasang alarm sistem untuk <i>monitoring</i> level, suhu, dan tekanan.

				ikut naik dan terjadi <i>overpressure</i> sehingga tangki bocor.	terbuang dan menyebabkan kerugian.		
			Tekanan dan suhu tinggi	1. Reaksi kimia yang terjadi di dalam tangki gas, terutama pada gas-gas yang mudah bereaksi, dapat menghasilkan panas dan meningkatkan suhu. 2. Pengisian berlebihan atau <i>overfilling</i> tangki gas dapat menyebabkan	1. Terjadi kebocoran dan ledakan tangki. 2. Mempercepat korosi dan degradasi material pada dinding tangki, pipa, atau peralatan lainnya yang dapat mengurangi integritas struktural dan keamanan tangki. 3. Peningkatan suhu dapat menyebabkan ekspansi gas yang	• <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Flow Control</i> (FC)	1. Pastikan bahwa peralatan pengukuran <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC). Periksa keakuratannya dan pastikan tidak ada kerusakan atau keausan pada sensor. 2. Perhatikan apakah ada alarm atau indikator abnormal pada sistem kontrol. Catat perubahan suhu atau tekanan yang tidak wajar sejak terjadinya masalah. 3. Tinjau <i>log</i> data operasional untuk mengetahui apakah ada perubahan suhu atau tekanan yang tidak terduga sebelum dan selama terjadinya masalah.

				peningkatan tekanan dan suhu di dalam tangki. 3. <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) tidak berfungsi dengan baik.	tidak terkendali.		
2	Tangki fluida (Methanol)	Untuk menyimpan produk methanol	Tangki terbakar	1. Adanya campuran gas mudah terbakar/eksplosif 2. Kebakaran tangki yang disebabkan oleh adanya tekanan berlebihan di dalam tangki dikarenakan peralatan <i>safety</i> yang terpasang tidak bekerja	1. Bahan baku akan terbang ke lingkungan. 2. Bahan baku dapat menyebabkan bahaya pada lingkungan seperti pencemaran dan mudah terbakar. 3. Berbahaya bagi lingkungan kerja. 4. Bahan baku akan terbang dan	• <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Level Indicator Control</i> (LIC)	1. Pemasangan tanggul pengaman (<i>dike/bund wall</i>) yang berguna untuk mencegah bahaya akibat tangki pecah atau bocor. 2. Tangki harus dilengkapi dengan penangkal petir untuk mengantisipasi rawan petir. 3. Tangki harus dilengkapi dengan <i>shut off valves</i> pada seluruh pipa yang berada dibawah permukaan cairan pada tangki. 4. Pastikan bahwa peralatan

				normal. 3. Peningkatan suhu. 4. Bocoran di dasar tangki atau pada dinding tangki.	menyebabkan kerugian.		pengukuran <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) dan <i>Level Indicator Control</i> (LIC). Periksa keakuratannya dan pastikan tidak ada kerusakan.
			Tangki penyimpanan <i>overflow</i>	1. <i>Level indicator control</i> (FIC) tidak berfungsi dengan baik. 2. Kelebihan kapasitas pada tangki proses.	1. Bahan baku dan produk banyak terbuang sehingga mengurangi konversi hasil pada produk. 2. Bahan baku akan terbuang ke lingkungan. Bahan baku dapat menyebabkan bahaya pada lingkungan seperti	<i>Level Indicator Control</i> (LIC)	1. Memeriksa <i>Level Indicator Control</i> (LIC) pada tangki sesuai dengan kondisi operasi. 2. Melakukan <i>bypass flow</i> atau pengalihan aliran pada tangki pengimanan cadangan yang tidak bermasalah.

					pencemaran dan mudah terbakar. 3. Berbahaya bagi lingkungan kerja. 4. Bahan baku akan terbuang dan menyebabkan kerugian.		
--	--	--	--	--	---	--	--

6.2 Unit Penyerapan dan Pemisahan

Tabel 6.2 *Troubleshooting* pada Unit Penyerapan dan Pemisahan (Bai et al., 2005; Branan, 2005; Ito et al., 2023)

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Trouble or Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation Troubleshooting</i>
1	Absorber	Untuk melakukan penyerapan dari suatu zat yang akan dilewatkan pada kolom.	Ketidakseimbangan aliran antara cairan absorben dan gas yang masuk atau keluar dari kolom.	Ketidakseimbangan tekanan, suhu, atau aliran cairan absorben dan gas.	Kerusakan pada kolom absorber dapat mengakibatkan penurunan kualitas produk akhir yang dihasilkan.	• <i>Flow Control</i> (FC)	1. Periksa kondisi aliran kontrol pada kolom absorber. Pastikan tidak terjadi penyumbatan. 2. Lakukan penjadwalan pemeliharaan.
			Terjadi penyumbatan pada material pengisian (<i>packing</i>) atau di dalam kolom, sehingga menghambat aliran gas	Penyumbatan dapat disebabkan oleh kotoran, partikel, atau endapan yang terakumulasi pada <i>packing</i> atau <i>tray</i> .	Kerusakan dapat menyebabkan ketidakstabilan operasional dan fluktuasi yang tidak terkontrol dalam proses absorpsi dan terhambatnya aliran gas atau cairan.	• <i>Flow Control</i> (FC)	1. Periksa dan evaluasi sistem pendukung seperti pompa, katup, dan instrumen pengukuran untuk memastikan berfungsi dengan baik. 2. Jika ada penyumbatan, lakukan pembersihan pada <i>packing</i> atau <i>tray</i> untuk mengembalikan aliran yang

			atau cairan.				normal.
			Terjadi korosi pada dinding kolom.	Cairan absorben memiliki sifat korosif atau jika ada ketidaksesuaian material.	Kerusakan pada kolom absorber dapat mengakibatkan penurunan kualitas produk akhir yang dihasilkan.	• <i>Flow Control</i> (FC)	1. Lakukan pengukuran ketebalan dinding kolom untuk menilai tingkat korosi. 2. Gunakan lapisan kimia untuk menghambat korosi seperti cairan amina inhibitor. Perbaiki atau ganti material yang terkena korosi atau tidak sesuai dengan persyaratan proses.
			Penurunan efisiensi kolom dalam mengabsorpsi zat tertentu dari gas.	Operasi di luar batas desain, seperti tekanan atau suhu yang melebihi kapasitas kolom, dapat menyebabkan kerusakan dan penurunan efisiensi.	Kerusakan dapat menyebabkan ketidakstabilan operasional dan fluktuasi yang tidak terkontrol dalam proses absorpsi.	• <i>Flow Control</i> (FC)	1. Lakukan inspeksi visual untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan pada dinding kolom, <i>packing</i>, atau <i>tray</i>. 2. Pantau kondisi operasional, termasuk suhu, tekanan, dan aliran, untuk

							mengidentifikasi fluktuasi atau kondisi yang tidak stabil.
2	Stripper	Untuk memisahkan satu komponen atau lebih dari suatu campuran dengan prinsip perbedaan kelarutan.	<i>Steam</i> tidak efektif sebagai <i>stripping agent</i>	Suhu umpan terlalu dingin atau <i>subcooled</i> .	Stripper tidak dapat memisahkan komponen dengan optimal.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	Menaikkan suhu umpan masuk (harus dalam kondisi <i>bubble point</i>).
			<i>Stripping steam</i> mengganggu <i>level bottom</i> stripper dan menghasilkan produk yang	Terdapat gelembung cairan (<i>slug</i>) pada aliran.	1. Stripper tidak dapat memisahkan komponen dengan optimal. 2. Produk menjadi basah dan	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa apakah pada aliran uap terdapat uap air yang terperangkap. 2. Pastikan jalur uap stripper harus keluar dari bagian atas kolom stripper. 3. Pastikan instrumen kontrol

			terlalu basah.		terdapat gelembung pengganggu. 3. Aliran terhambat.		bekerja dengan baik.
			Aliran uap terganggu	Jalur stripper uap terlalu kecil atau stripper uap tidak terpasang sempurna.	Stripper tidak dapat memisahkan komponen dengan optimal.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa peningkatan tekanan bagian atas stripper dengan berbagai tingkatan uap. 2. Jalur stripper umpan harus memiliki <i>loop seal</i> yang mencegah uap memenuhi jalur umpan.
			Uap tidak efektif	Tray rusak.	1. Stripper tidak dapat memisahkan komponen dengan optimal. 2. Beban berlebih dan kinerja terganggu.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa penurunan tekanan pada <i>tray</i>. Jika penurunan tekanan lebih sedikit, maka kemungkinan <i>stripping tray</i> akan rusak. 2. Lakukan pertimbangan fenomena secara tepat, massa dan perpindahan panas kolom pengupasan,

							dan setiap reaksi unsur. 3. Pastikan instrumen kontrol bekerja dengan baik. 4. Lakukan penjadwalan <i>maintenance</i>.
3	Flash Kolom	Untuk pemisahan dua komponen secara cepat.	Penurunan efisiensi pemisahan	Fluktuasi yang tidak terkendali dalam kondisi operasional seperti aliran, suhu, atau tekanan dapat merusak efisiensi kolom.	Kehilangan produk yang diinginkan dan mempengaruhi kualitas produk distilasi.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa dan perbarui sistem pengendalian otomatis untuk memastikan bahwa kolom beroperasi sesuai dengan parameter yang diinginkan. 2. Memeriksa <i>level controllers</i>. 3. Periksa katup buangan.
			Korosi	1. Kontak dengan bahan kimia yang korosif dapat menyebabkan korosi pada dinding kolom. 2. Pemilihan	Kerusakan pada kolom dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan dapat berdampak pada keselamatan dan kesehatan pekerja	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Jika ditemukan bahwa material yang digunakan tidak sesuai, pertimbangkan untuk menggantinya dengan material yang sesuai dengan sifat kimia dan suhu operasional.

				material yang tidak sesuai dengan sifat kimia campuran atau suhu operasional dapat menyebabkan kerusakan dan korosi.			2. Lakukan uji kebocoran untuk memastikan tidak ada kebocoran pada kolom 3. Lakukan pengukuran ketebalan material pada dinding kolom untuk menilai tingkat korosi atau keausan.
4	Kolom Destilasi	Untuk memisahkan campuran liquid atau uap yang mengandung dua atau lebih komponen zat berdasarkan perbedaan	Banjir atau <i>flooding</i>	1. Terjadinya penurunan tekanan dan suhu karena aliran uap berlebihan sehingga <i>liquid</i> yang dimasukkan dalam uap memenuhi kolom, 2. Tekanan yang tinggi dari uap	1. Kualitas produk terganggu. 2. Kolom tergenang maka tekanan akan meningkat dan fluktuatif.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa kondisi operasi dan instrument kontrol pada alat. 2. Periksa bagian fisik kolom destilasi. Pastikan tidak ada kebocoran. 3. Kolom memerlukan fleksibilitas untuk berbagai pengoperasian kondisi.

		titik didih.		yang berlebih dapat menahan cairan dalam <i>downcomer</i> sehingga terjadi hambatan cairan pada <i>plate</i> di atasnya.			
			Tray kering	Cairan yang masuk terlalu banyak dan mendidih	Perbedaan suhu berkurang	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Lakukan inspeksi visual pada <i>tray</i>. 2. Tinjau kondisi operasi <i>flow</i> umpan. 3. Periksa instrumentasi kontrol pada tekanan dan suhu. 4. Analisa komposisi cairan. 5. Lakukan pembersihan <i>tray</i>.
			Tray rusak	1. Lonjakan pada tekanan. 2. Uap banyak.	Kualitas produk yang dihasilkan terganggu.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level</i>	1. Lakukan inspeksi visual pada <i>tray</i>. 2. Tinjau kondisi operasi <i>pressure</i> umpan.

						Control (LC)	3. Periksa instrumentasi kontrol pada laju alir, tekanan, dan suhu. 4. Analisa komposisi cairan. 5. Lakukan pembersihan <i>tray</i> .
			Tidak adanya aliran (<i>No flow</i>)	Kegagalan pada pompa umpan.	Tidak ada umpan yang masuk ke kolom destilasi.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Melakukan pengecekan kondisi pompa, aliran, dan <i>inlet</i> destilasi. 2. Periksa kondisi operasi pada destilasi. 3. Melakukan jadwal pemeliharaan.
			Aliran berlebih	Kegagalan pompa sehingga terjadi <i>overflow</i> .	1. <i>Overfeed</i> pada kolom distilasi. 2. Meningkatnya tekanan dan terjadinya ledakan. 3. Terjadinya aliran balik campuran ke kolom.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa <i>level</i> , <i>temperature</i> , dan <i>pressure control</i> . 2. Pasang alarm untuk keadaan kondisi operasi tinggi. 3. Pasang <i>check valve</i> .

			Aliran rendah	<i>Control valve</i> tidak merespon dan kegagalan parsial pada pompa.	<i>Feed</i> ke kolom tidak dapat mencukupi	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa <i>level, temperature, dan pressure control</i>. 2. Pasang alarm untuk keadaan kondisi operasi tinggi. 3. Pasang <i>check valve</i>.
			Kebocoran pada pipa gas <i>outlet</i>	Instrumen kontrol yang tidak berfungsi dengan baik.	1. Terjadinya ledakan akibat suhu dan tekanan tinggi. 2. Terdapat pelepasan bahan kimia racun berbahaya yang tumpah ke lingkungan.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Menggunakan sensor <i>detector</i> untuk mengidentifikasi kebocoran pada alat. 2. Melakukan perbaikan jika terjadi kebocoran dengan pengelasan dan penambalan. 3. Melakukan perawatan. 4. Melakukan pengaturan kondisi operasi dengan memperhatikan instrument kontrol.
			<i>Foaming</i>	Mengacu pada ekspansi cairan	Terjadinya <i>overflow</i> pada unit	• <i>Flow Control</i>	1. Memberikan penambahan zat

				melewati uap atau gas.	pemisahan.	(FC) • <i>Level Control</i> (LC)	<i>antifoaming</i> 2. Melakukan pengaturan kondisi operasi dengan memperhatikan instrument kontrol.
			<i>Entrainment</i>	Cairan terbawa oleh uap ke tray di atasnya karena laju aliran uap yang tinggi (terperangkap oleh uap yang naik ke kolom).	Konversi pemisahan menurun karena proses terhambat.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Analisis komposisi cairan. 2. Melakukan pengaturan kondisi operasi dengan memperhatikan instrument 3. Periksa kondisi <i>tray</i> pada keadaan baik tidak terdapat sumbatan.
			<i>Weeping</i>	1. Aliran uap yang rendah. Tekanan dipaksa uap tidak cukup untuk menjaga cairan dalam <i>tray</i> . 2. <i>Pressure drop</i> yang tajam dalam kolom.	Kerusakan pada <i>tray</i> atau <i>packing</i> karena ada penyumbatan sehingga konversi hasil produk distilasi tidak dapat maksimal.	• <i>Flow Control</i> (FC) • <i>Level Control</i> (LC)	1. Analisis komposisi cairan. 2. Melakukan pengaturan kondisi operasi dengan memperhatikan instrument 3. Periksa kondisi <i>tray</i> pada keadaan baik tidak terdapat sumbatan.

5	Reflux Drum	Untuk menampung uap yang terkondensi sehingga cairan (reflux) dapat diumpanbali ke dalam kolom.	Ketinggian level dalam reflux drum	Pengisian berlebihan (<i>overflowing</i>) atau kurang pengisian (<i>underfilling</i>) dapat menghasilkan level yang tidak stabil.	1. Kebocoran pada drum. 2. Pengendapan cairan yang tidak diinginkan dan mempengaruhi efisiensi operasional.	• <i>Level Control</i> (LC)	1. Periksa kondisi level cairan atau umpan yang masuk ke reflux drum. 2. Pastikan alat instrumentasi kontrol bekerja dengan baik.
			Korosi pada dinding reflux drum.	Reaksi kimia dalam drum yang melibatkan bahan kimia korosif dapat menyebabkan korosi pada dinding drum.	Korosi pada drum dapat merusak struktur dan menyebabkan kebocoran, mengakibatkan kehilangan bahan dan penurunan kualitas produk.	• <i>Level Control</i> (LC)	1. Identifikasi area-area yang menunjukkan tanda-tanda korosi seperti karat, kerak, atau perubahan warna pada material. 2. Melakukan pemantauan suhu operasional dalam reflux drum. 3. Analisis komposisi cairan

							reflux seperti uji pH. - Periksa katup dan klep pada sistem yang terhubung dengan reflux drum. - Jika terdapat lubang atau retakan pada dinding drum, lakukan perbaikan atau penggantian pada area yang terkena. - Membersihkan dinding drum dan memberi cairan pelapis untuk menghambat korosi. - Rencanakan perawatan rutin yang mencakup pembersihan, pemantauan suhu, dan pengujian ketebalan dinding secara berkala.
			Gas yang tidak	- Korosi - Pemanasan	Akumulasi gas yang tidak terkendali	<i>Level Control</i>	Periksa kondisi operasi cairan dalam reflux.

			diinginkan terakumulasi	eksternal yang berlebihan atau suhu yang tinggi di sekitar reflux drum, ini dapat menyebabkan penguapan cairan dalam drum menjadi gas.	dapat menyebabkan pelepasan gas yang dapat membahayakan keamanan dan kesehatan.	(LC)	2. Periksa kondisi katup atau klep. Pastikan tidak ada kebocoran. 3. Analisa kandungan cairan dalam reflux. 4. Periksa kinerja sistem pengendalian otomatis, terutama yang terkait dengan level dan suhu dalam reflux drum. Lakukan kalibrasi. 5. Rencanakan perawatan rutin yang mencakup pembersihan, pemantauan suhu, dan pengujian ketebalan dinding secara berkala.
--	--	--	-------------------------	--	---	------	---

6.3 Unit Sintesis

Tabel 6.3 *Troubleshooting* pada Unit Sintesis (Fischer & Freund, 2020)

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Trouble or Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation Troubleshooting</i>
1	Reaktor <i>Fixed Bed</i>	Untuk mereaksikan gas CO ₂ dan hidrogen dan menghasilkan produk (menyintesis) methanol	Temperatur tinggi melebihi <i>set point</i>	1. Kegagalan pada <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC) yang tidak beroperasi dengan baik. 2. Panas yang ditransfer ke reaktor terlalu besar sehingga suhu operasi naik melewati <i>set point</i>.	1. Dapat terjadi ledakan apabila suhu terlalu tinggi. 2. Tidak dapat mengetahui kondisi operasi suhu pada reaktor. 3. Reaksi yang terjadi tidak sempurna. Berubahnya komposisi produk dari yang diharapkan karena di reaktor terjadi	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Melakukan pengecekan kondisi operasi dan menganalisa serta melakukan perbaikan <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC) dan <i>Flow Indicator Control</i> (FIC). 2. Melakukan tindakan pencegahan seperti penggunaan <i>temperature sensor</i>, <i>setting</i> alarm ketika melebihi <i>set point</i>. 3. Pengecekan sistem dan kondisi operasi serta <i>matching</i> data antara <i>control room</i> dengan kondisi operasi di lapangan. 4. Melakukan pengecekan <i>maintenance procedure</i> dan jadwal pemeliharaan.

					reaksi kimia pembentukan produk.		
			<i>Temperatu</i> <i>re</i> reaktor menurun.	1. Kegagalan pada <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC) yang tidak beroperasi dengan baik.	1. Tidak dapat mengetahui kondisi operasi suhu pada reaktor. 2. Reaksi yang terjadi tidak sempurna. Berubahnya komposisi produk dari yang diharapkan karena di reaktor terjadi reaksi kimia pembentukan produk.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Temperat</i> <i>ure Indicator Control</i> (TIC)	1. Melakukan pengecekan kondisi operasi dan memastikan semua berjalan sesuai dengan standar operasi. 2. Melakukan tindakan analisa umpan. Jika <i>water content</i> tinggi, maka <i>stop supplay feed</i> dan segera lakukan proses penghilangan kadar air (sebelum proses sintesis lebih dioptimalkan). 3. Melakukan pengecekan kondisi operasi <i>upstream</i> proses. 4. Melakukan pengecekan komposisi umpan, dan jika <i>temperature control</i> tidak dapat terkendali, maka perlu

							dilakukan pengurangan <i>feed</i> .
			<i>Flowrate</i> berlebih	1. Kapasitas umpan dari alat proses sebelumnya ke reaktor yang berlebih. 2. <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) tidak berfungsi dengan baik.	1. Menimbulkan risiko tekanan naik, kerusakan pada reaktor dan terjadinya ledakan. 2. Bahan kimia beracun yang berbahaya tumpah ke lingkungan.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC)	1. Melakukan analisa dan perbaikan <i>flow control</i> pada unit proses yang rusak dan melakukan <i>maintenance</i>. 2. Melakukan perbaikan dan <i>bypass flow</i> atau pengalihan aliran.
			Umpan masuk ke reaktor secara fluktuatif <i>flowrate</i>-nya	1. <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) tidak berfungsi dengan baik.	Medan kecepatan, suhu reaktor, konversi dan sebagainya berubah secara dinamis.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC)	1. Melakukan analisa dan perbaikan <i>flow control</i> pada unit proses yang rusak dan melakukan <i>maintenance</i> 2. Pastikan kondisi operasi reaktor yang sesuai prosedur dan aman untuk seluruh waktu operasi, desain reaktor yang memadai dan strategi kontrol

							sangat diperlukan. 3. Reaktor dirancang berdasarkan kondisi stabil optimal, dan kontrol reaktor dirancang secara berurutan. Fleksibilitas beban reaktor yang dapat dicapai dibatasi oleh desainnya. 4. Reaktor harus dikendalikan oleh penyesuaian suhu cairan pendingin sesuai dengan beban reaktor.
			Kebocoran pipa gas outlet	1. <i>Flowrate Control</i> (FC) tidak berfungsi dengan baik sehingga terjadi peningkatan suhu, laju alir dan tekanan. 2. Penggunaan	1. Kemungkinan adanya ledakan akibat suhu yang terlalu tinggi 2. Adanya pelepasan bahan kimia beracun yang berbahaya yang tumpah ke	• <i>Flow Control</i> (FC)	1. Melakukan pemeriksaan, inspeksi dan pemeliharaan secara rutin pada peralatan yang tersedia. 2. Melakukan pengecekan terhadap <i>pressure, level, flow indicator control</i>. 3. Menggunakan <i>sensor/detector</i> agar mengetahui kondisi pipa

				peralatan tanpa perawatan secara berkala sehingga sambungan (<i>flanges</i>) menjadi kendur. 3. Pengoperasian alat yang kurang tepat.	lingkungan. 3. Peningkatan tekanan yang dapat menyebabkan kebakaran.		dan dapat mendeteksi kebocoran gas. 4. Melakukan perbaikan alat seperti melakukan pengelasan pada bagian yang bocor.
			<i>Pressure drop</i> tinggi	1. Tangki umpan tidak di <i>cleaning</i> dengan benar sebelum digunakan, sehingga dapat menyebabkan partikel terikut dengan umpan. 2. Perubahan	1. Partikel didalam reaktor terikut dengan umpan. 2. Terjadi perbedaan tekanan, peningkatan suhu sehingga dapat mempengaruhi kinerja reaktor. 3. Sintesis produk tidak optimal.	• <i>Flow Control</i> (FC)	1. Memeriksa kualitas umpan yang masuk ke reaktor. 2. Melakukan pengecekan pada <i>control</i> umpan <i>feed</i> sebelum ke reaktor. 3. Melakukan pengecekan kondisi operasi dan memastikan semua berjalan sesuai dengan standar operasi. 4. Mengurangi umpan dari <i>control</i> dan memaksimalkan

				<i>pressure drop</i> terbentuknya <i>hotspot</i> dimana terjadi perbedaan peningkatan suhu <i>control</i> sehingga dapat mempengaruhi kinerja <i>control</i>. 3. Kenaikan <i>temperature</i> karena perubahan <i>hot feed</i>, beban panas yang ditransfer terlalu besar, <i>feed</i> mengandung <i>impurities</i> sehingga <i>feed control</i> naik.			<i>straight run feed</i>. 5. Jika terjadi masalah <i>scale</i> dapat diatasi dengan cara menarik umpan dari <i>control</i> lain dan lakukan <i>cleaning</i>.
--	--	--	--	---	--	--	--

6.4 Unit Penukar Panas

Tabel 6.4 *Troubleshooting* pada Unit Penukar Panas

(Cai, 2019; Irwin Syahri Cebro, 2014; Ouni et al., 2018; R Slamet, 2018; Raj, 2019; Singh et al., 2022; Subiyanto & Ngatin, 1970)

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Trouble or Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation Troubleshooting</i>
1	<i>Heat Exchanger</i>	Untuk penukar panas umpan	Korosi pada <i>tube</i> (sisi dalam <i>tube</i>)	- Media pendingin air laut atau <i>sea water</i> yang korosif karena mengandung unsur garam. - Korosi sumur (<i>pitting corrosion</i>) pada <i>tube</i> tengah sampai akhir karena aliran fluida tidak secepat pada awal <i>tube</i> dan tersumbat dengan biologi laut.	- Aliran fluida akan lebih lambat dan terjadinya endapan deposit. - Korosi erosi yaitu aliran fluida tidak stabil menjadi lebih cepat sehingga dinding <i>tube</i> akan ter-erosi.	<i>Flow Control</i> (FC) <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	- Pemilihan material dan desain yang tepat. Material <i>tube sheet</i> menggunakan <i>stainless steel</i> yang dilclading dengan panduan tembaga-nikel karena mempunyai ketahanan korosi cukup baik dan ditambah lapisan material non logam yaitu <i>plastic thermoset polyester</i> resin. - Melakukan <i>surface coating</i> dengan memberikan lapisan pelindung pada permukaan logam sengam oksida atau senyawa organik untuk mencegah hubungan kontak antara material dengan

				3. Korosi erosi karena kecepatan aliran yang tinggi, turbulensi menyebabkan agitasi cairan yang lebih kuat pada permukaan logam, tumbukan fluida pada permukaan logam dan fluida yang mengandung partikel keras.			lingkungan, melepas substansi pelindung dan menghambat serangan korosi. 3. Mengatur kecepatan aliran sesuai dengan kondisi operasi dan pemantauan rutin, 4. Mengatur atau menurunkan suhu sesuai dengan kondisi operasi.
			<i>Fouling</i>	1. Terdapat endapan yang mengandung kapur dan mengkristal. 2. Aliran yang	1. Transfer panas menjadi tidak optimal karena terdapat kotoran dan juga tersumbat.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Temperature</i>	1. Pemberian khlor atau klorinasi secara kontinyu dengan kadar sesuai aturan dan melakukan pembersihan rutin pada <i>tube</i> . 2. Mengatasi <i>fouling</i> dengan

				bersifat alkali (asam, ammonia, dan amine) 3. Lapisan produk korosi lumpur, pasir, dan adanya binatang laut. 4. Kecepatan aliran yang tinggi.	2. <i>Pressure drop</i> tinggi.	<i>Indicator Control</i> (TIC)	mengatur kecepatan aliran fluida sesuai kondisi operasi.
			Temperatur rendah	Kegagalan <i>heat exchanger</i>	Suhu umpan terlalu rendah maka bahan baku tidak akan bereaksi.	<i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	Pasang <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC) dan pasang alarm batas suhu tinggi.
			Kenaikan suhu <i>Heat Exchanger</i> terlalu tinggi	Kenaikan <i>cooling water</i> yang menyebabkan suhu naik pada <i>Heat Exchanger</i> serta kenaikan suhu pada zat panas. di unit sebelumnya.	1. Terlalu banyak panas yang ditambahkan ke aliran suhu sehingga sulit untuk didinginkan. 2. Menyebabkan	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	1. Melakukan pengecekan secara berkala terhadap kondisi operasi (suhu). 2. Optimalisasi penggunaan sensor, suhu dan alur <i>control</i>. 3. Pengecekan suhu yang meningkat secara berkala, naikan debit

					risiko terjadi kebakaran.	• <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	air pendingin jika diperlukan.
			Penurunan <i>Heat Exchanger</i> yang terlalu besar	Debit air pendingin yang terlalu besar.	1. Membekukan beberapa bahan kimia yang memiliki titik didih rendah. 2. Mengakibatkan sumbatan pada pipa-pipa sehingga menyebabkan kebocoran dan kerusakan pada pipa.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC)	1. Melakukan pemeriksaan pada peralatan yang ada. 2. Menurunkan <i>flowrate cooling water</i>.
			Kebocoran pada pipa	1. Penggunaan dalam jangka waktu yang lama tanpa	Dapat mengakibatkan kerusakan pada	• <i>Flow Indicator Control</i>	5. Melakukan pemeriksaan, inspeksi dan pemeliharaan secara rutin

				perawatan yang benar sehingga menyebabkan korosi pada pipa dan <i>flanges</i> kendor. 2. <i>Valve</i> yang sering dioperasikan sehingga dapat dengan mudah aus. 3. Kesalahan dalam pengoperasian alat sehingga terbentuk fluktuasi suhu dan tekanan. 4. Terdapat getaran yang berlebih.	permukaan, pecahnya <i>tube</i> atau pecahnya sambungan antara <i>tube</i> dan <i>tube sheet</i>.	(FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	pada peralatan yang tersedia, 6. Melakukan pengecekan terhadap <i>pressure, level, flow indicator control</i>. 7. Melakukan perbaikan alat seperti melakukan pengelasan pada bagian yang bocor.
2	Reboiler	Untuk menukar panas yang	Distribusi cairan yang	1. Ukuran saluran atau header yang terlalu kecil atau	Efisiensi alat reboiler menurun.	• <i>Flow Indicator Control</i>	1. Lakukan pemeriksaan visual pada sistem reboiler, termasuk saluran, header, dan penukar

		menghasilk an <i>steam</i> yang akan diumpankan ke <i>tray</i> bawah kolom distilasi	buruk pada ketel reboiler	terlalu besar dapat menyebabkan distribusi cairan yang tidak merata. Hal ini dapat mengakibatkan aliran cairan yang lambat atau cepat, mengurangi efisiensi penukar panas. 2. Ketidakseimbang an aliran cairan antara saluran atau header dapat terjadi jika sistem tidak dirancang dengan baik atau		(FIC) • <i>Temperat ure Indicator Control (TIC)</i>	panas. 2. Ukur suhu dan tekanan di berbagai titik dalam sistem. Identifikasi perbedaan suhu dan tekanan yang tidak seimbang. 3. Lakukan pengukuran aliran cairan di setiap saluran atau header. Pastikan bahwa aliran cairan merata di seluruh penukar panas. 4. Uji kualitas cairan untuk mendeteksi keberadaan kontaminan atau zat-zat lain. 5. Periksa header dan saluran untuk memastikan tidak ada hambatan fisik atau penghalang lainnya. 6. Periksa pengatur suhu, katup kontrol, dan peralatan pengontrol lainnya untuk memastikan bahwa mereka
--	--	---	---------------------------------	--	--	--	---

				ada hambatan aliran seperti katup yang tidak berfungsi dengan baik. 3. Keberadaan benda asing, endapan, atau kerak di dalam saluran atau header dapat menghambat aliran cairan dan menyebabkan distribusi yang tidak merata. 4. Tekanan yang tidak seimbang di dalam sistem, baik itu tekanan yang terlalu			berfungsi dengan baik. Kalibrasi ulang jika diperlukan. 7. Tinjau pembebanan sistem dan pastikan bahwa sistem dirancang untuk menangani aliran cairan dan beban panas yang diantisipasi. 8. Jika reboiler menggunakan uap sebagai sumber panas, analisis distribusi uap. Pastikan bahwa distribusi uap merata di seluruh penukar panas. 9. Periksa keberadaan dan kondisi katup <i>bypass</i>. Pastikan bahwa katup <i>bypass</i> berfungsi dengan baik.
--	--	--	--	---	--	--	---

				tinggi atau terlalu rendah, dapat mempengaruhi distribusi cairan. Hal ini bisa disebabkan oleh masalah pada pompa, katup, atau kontrol tekanan. 5. Penukar panas yang rusak, korosi, atau terlalu terkontaminasi dapat menghambat distribusi cairan dan mengurangi efisiensi penukar panas.			
--	--	--	--	---	--	--	--

				6. Cairan dengan viskositas yang tinggi dapat menyulitkan distribusi yang merata. 7. Posisi <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> cairan yang tidak optimal.			
			Akumulasi inert dapat secara drastis mengurangi perpindahan panas khususnya pada <i>steam</i> reboiler.	Bahan <i>inert</i> yang bersifat asam seperti CO₂ juga dapat menyebabkan korosi.	Efisiensi alat reboiler menurun dan terjadi korosi.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i>	1. Tentukan jenis <i>inert</i> yang terakumulasi pada reboiler. Hal ini dapat mencakup gas non-reaktif seperti nitrogen, uap air, atau gas lainnya. 2. Lakukan pengukuran suhu, tekanan, dan komposisi gas di dalam reboiler. Pemantauan yang cermat akan membantu menentukan tingkat akumulasi inert dan dampaknya pada operasi reboiler.

						(TIC)	3. Tinjau sistem pemanasan untuk memastikan bahwa kondisi operasional sesuai dengan desain. Periksa apakah ada kondensasi yang tidak diinginkan atau pembentukan <i>inert</i> akibat suhu atau tekanan yang tidak sesuai. 4. Atur pengaturan tekanan dan suhu pada reboiler agar sesuai dengan kebutuhan proses. Perubahan tekanan atau suhu dapat mempengaruhi kondisi <i>inert</i> dan membantu mencegah akumulasi yang tidak diinginkan. 5. Pastikan bahwa sistem pengontrol reboiler berfungsi dengan baik. Periksa apakah ada penyimpangan dari setpoint dan pastikan sistem dapat
--	--	--	--	--	--	-------	--

							merespons perubahan kondisi operasional. 6. Tinjau aliran uap dan kondensat di dalam reboiler. Pastikan bahwa distribusi uap dan kondensat merata di seluruh penukar panas untuk menghindari kondensasi yang tidak diinginkan dan pembentukan <i>inert</i>. 7. Melakukan pengecekan apakah ada bahan kontaminan yang masuk ke dalam sistem reboiler dan dapat berkontribusi pada akumulasi <i>inert</i>. Identifikasi dan hilangkan sumber kontaminan tersebut. 8. Jika terdapat deposit atau kerak pada penukar panas, lakukan pembersihan untuk
--	--	--	--	--	--	--	---

							mengembalikan efisiensi penukar panas dan mencegah akumulasi <i>inert</i> yang tidak diinginkan. 9. Terapkan perawatan preventif secara teratur, termasuk pemeriksaan dan pemeliharaan rutin pada reboiler. Hal ini dapat membantu mengidentifikasi potensi masalah sebelum mereka menjadi signifikan.
			<i>Steam trap</i> yang terlalu kecil, <i>steam trap</i> yang kotor atau tersumbat.	Pembuangan kondensat yang tidak memadai sehingga terjadi banjir pada permukaan tabung.	1. <i>Steam trap</i> yang terlalu kecil atau tersumbat dapat menyebabkan kondensat tertinggal di dalam sistem, mengurangi efisiensi	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Pilih <i>steam trap</i> dengan ukuran yang sesuai untuk kondisi operasional dan kebutuhan sistem. 2. Lakukan pemeliharaan rutin pada <i>steam trap</i>, termasuk pembersihan dan pemeriksaan berkala. 3. Monitor kualitas kondensat

					penukar panas dan kinerja keseluruhan. 2. Meningkatkan konsumsi energi dan biaya operasional. 3. Akumulasi kondensat yang tidak dihilangkan dengan efisien dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan seperti penukar panas dan katup. 4. Kondensat yang tertinggal dan kontaminan		untuk mendeteksi kontaminan yang dapat menyebabkan masalah. 4. Sesuaikan ukuran atau tipe steam trap jika terjadi perubahan kondisi operasional. 5. Pertimbangkan untuk menginstal filter kondensat untuk mengurangi risiko akumulasi kontaminan.
--	--	--	--	--	--	--	--

					dalam sistem dapat menyebabkan korosi pada pipa dan komponen lainnya. 5. <i>Steam trap</i> yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan penurunan kapasitas produksi karena efisiensi pemanasan yang berkurang. 6. Peningkatan Risiko Kejutan Uap (<i>Water Hammer</i>).		
--	--	--	--	--	---	--	--

					Akumulasi kondensat yang tidak dihilangkan dapat meningkatkan risiko kejutan uap, yang dapat merusak pipa dan peralatan.		
			Hilangnya segel kondensat	1. Kebocoran pada pipa atau penukar panas tempat kondensat mengalir. 2. Tekanan yang lebih tinggi dari yang diharapkan dalam sistem. 3. Suhu yang berlebihan dapat	Jika hal ini terjadi, uap yang tidak terkondensasi akan berhembus melalui reboiler dan keluar dari saluran pembuangan kondensat. Ini akan mengurangi perpindahan panas.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator</i>	1. Amati level kondensat dalam reboiler. Pastikan bahwa level tetap berada pada kisaran yang diinginkan dan tidak ada fluktuasi yang signifikan. 2. Inspeksi valve pengontrol aliran kondensat. Pastikan valve berfungsi dengan baik. 3. Inspeksi kondisi segel kondensat. Periksa apakah segel dalam kondisi baik, tidak

				menyebabkan ekspansi termal. 4. Kualitas air yang buruk, termasuk tingginya kandungan oksigen atau kontaminan. 5. Tersumbatnya saluran kondensat akibat kotoran, endapan, atau material lainnya. 6. Jika tidak ada pengontrol level yang memadai, level kondensat mungkin tidak seimbang. 7. Kegagalan sensor		<i>Control</i> (TIC)	aus, dan tidak bocor. Gantilah segel yang rusak atau aus. 4. Periksa kondisi valve lain yang terkait dengan aliran kondensat, seperti valve pembersih atau valve <i>bypass</i>. Pastikan tidak ada kerusakan atau kebocoran. 5. Periksa tekanan, suhu dan kecepatan aliran dalam reboiler. Pastikan bahwa kondisi operasional berada dalam batas yang ditentukan dan sesuai dengan desain reboiler. 6. Pastikan bahwa sistem pengontrol dan alarm berfungsi dengan baik. Revisi pengaturan atau alarm jika diperlukan untuk mencegah kondisi yang dapat
--	--	--	--	--	--	---------------------------------	---

				atau kontrol level dapat menyebabkan ketidakstabilan level kondensat, yang dapat mengakibatkan hilangnya segel. 8. Kecepatan aliran kondensat yang tinggi dapat menyebabkan kondensat terbawa atau mengalir melalui segel, khususnya jika desain segel tidak sesuai dengan kecepatan aliran tersebut. 9. Kegagalan pada			menyebabkan hilangnya segel.
--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------

				valve pengontrol aliran kondensat dapat menyebabkan hilangnya segel jika valve tidak dapat menahan aliran kondensat dengan baik. 10. Pemilihan segel dan komponen sistem yang tidak sesuai dengan kondisi operasional. 11. Tekanan uap yang tinggi dalam reboiler dapat menyebabkan kondensat			
--	--	--	--	--	--	--	--

				terbuang dari sistem.			
			Masuknya cairan ke dalam reboiler	1. <i>Overfilling</i> atau <i>overfeeding</i> yaitu jumlah cairan yang masuk melebihi kapasitas. 2. Terjadinya kondensasi uap karena suhu udara rendah.	1. Tekanan rendah, beban besar dan banjir 2. Suhu kondensat uap tidak menentu.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Periksa level cairan dan sistem pengontrol level. 2. Inspeksi elemen pemanas. 3. Periksa kondisi pipa. Pastikan tidak mengalami kebocoran.
3	Condenser	Untuk mendinginkan uap panas menjadi cair (dengan	Aliran udara tersumbat	Penumpukan debu dan kotoran pada piringan condenser yang membentuk lapisan sehingga menghalangi udara.	Efisiensi transfer panas berkurang dan meningkatkan beban kerja.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator</i>	1. Periksa kondisi fisik condenser apakah ada debu, kotoran, tanaman semak yang menghalangi aliran udara. Pastikan pada kondisi baik. 2. Periksa penumpukan debu dan

		perubahan fasa)				<i>Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	kotoran. Bersihkan dengan alat pembersih yang sesuai. 3. Pemeriksaan filter udara dalam kondisi baik. 4. Pengujian kondisi operasi pada suhu dan tekanan. 5. Periksa motor kipas berfungsi dengan baik. Ganti motor yang rusak jika diperlukan.
			Kumparan condenser kotor	Serpihan debu yang berterbangan di sekitar unit condenser sehingga menumpuk.	Efisiensi transfer panas berkurang dan meningkatkan beban kerja sehingga terjadi ketidakstabilan pada kinerja condenser.	<i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Periksa kondisi fisik condenser apakah ada debu, kotoran, tanaman semak yang menghalangi aliran udara. Pastikan pada kondisi baik. 2. Periksa penumpukan debu dan kotoran pada kumparan. Bersihkan dengan alat pembersih yang sesuai. 3. Pemeriksaan filter udara dalam kondisi baik. 4. Pengujian kondisi operasi pada

							suhu dan tekanan.
			Kipas condenser rusak	Serpihan debu yang berterbangan di sekitar unit condenser sehingga menumpuk. Terjadinya benturan, kelembaban yang tinggi, gangguan listrik seperti lonjakan atau arus pendek, korosif, dan umur kipas yang sudah tua	Motor rusak, kapasitor meledak	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Periksa secara keseluruhan condenser dan amati bagian yang rusak. 2. Periksa kebersihan condenser 3. Pastikan pembungkus atau grill kipas dalam kondisi baik. 4. Periksa motor kipas dan pastikan pada kondisi baik. 5. Pastikan kondisi bantalan baik. 6. Ukur arus listrik sesuai dengan daya listrik yang cukup. 7. Periksa kapasitor motor kipas dengan multimeter. Pastikan nilai kapasitor sesuai dengan spesifikasi. 8. Periksa kondisi kabel dan sambungan kipas. 9. Uji motor kipas dan periksa frekuensi atau RPM kipas. Pastikan kipas berputar pada

							kecepatan sesuai spesifikasi. 10. Jika kipas rusak maka lakukan penggantian komponen yang rusak lalu uji kembali dan berikan perawatan.
			Tekanan tinggi	Terdapat endapan karbonat dalam tabung <i>stainless stell</i> .	Ketidakstabilan pada kinerja condenser.	<i>Pressure Indicator Control (PIC)</i>	Pembersihan untuk menghilangkan endapan pada condenser.
			Kebocoran udara pada <i>bearing vent</i>	1. Berkurangnya beban karena semakin banyak komponen yang berada di bawah kekosongan. 2. Konsumsi uap yang tinggi	Efisiensi transfer panas berkurang dan meningkatkan beban kerja sehingga terjadi ketidakstabilan pada kinerja condenser.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control</i>	1. Cari dan perbaiki sumber udara kebocoran 2. Membersihkan tabung condenser. 3. Periksa tanda keausan dan rusak pada saringan, nozzle uap, diffuser, intercondenser, dan aftercondenser dan saluran pembuangan.

						(TIC)	
4	Cooler	Untuk mendinginkan fluida (tanpa perubahan fasa)	Kipas tidak berputas	Motor kipas rusak, kabel putus, atau saklar daya yang bermasalah.	Cooler mati dan mesin akan panas berakibat risiko kerusakan mesin.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	Periksa motor kipas, kabel, dan saklar daya. Ganti motor atau kabel yang rusak jika diperlukan.
			Tidak mendinginkan dengan baik	Condensor kotor, filter atau elemen pendingin yang tersumbat, kekurangan refrigeran, atau kompresor yang	Ketidakefisien kerja cooler sehingga mesin dapat rusak.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Temperature Indicator</i>	Bersihkan kondensor, ganti atau bersihkan filter, periksa level refrigeran, dan periksa kondisi kompresor.

				bermasalah.		<i>Control</i> (TIC)	
			Suara bising dan bergetar berlebihan	Bantalan kipas yang aus, kipas yang tidak terpasang dengan baik, atau elemen-elemen internal yang longgar.	Ketidakefisien kerja cooler sehingga mesin dapat rusak.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	Periksa bantalan kipas, pasang kipas dengan benar, dan periksa elemen internal untuk memastikan semua terpasang dengan kokoh.
			Air berbau aneh	Bakteri atau jamur yang berkembang di dalam sistem pendingin atau dalam wadah air.	Air proses menjadi terkontaminasi sehingga perlu dilakukan penambahan proses untuk	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Temperature</i>	Bersihkan dan desinfeksi komponen yang terpapar air seperti wadah air dan elemen pendingin.

					menghilangkan bau.	<i>Indicator Control (TIC)</i>	
			<i>Overheating</i> atau <i>shutdown</i> otomatis	<i>Overload thermal</i> terpicu karena berbagai alasan seperti kelebihan beban, kelebihan suhu, atau kelebihan arus.	Panas berlebih yang ditimbulkan oleh mesin akan menyebabkan komponen mesin cepat rusak	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	Biarkan cooler dingin selama beberapa saat sebelum mencoba menyala kembali. Periksa penyebab <i>overload</i> dan atasi masalahnya.
			Kelembaban berlebih	Filter yang kotor atau elemen pendingin yang tidak bekerja dengan baik.	Pertumbuhan bakteri sehingga menyebabkan kerusakan material.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure</i>	Bersihkan atau ganti filter secara teratur, dan pastikan elemen pendingin berfungsi dengan baik.

						<i>Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	
			Air tidak mengalir atau menggenang	Saluran air tersumbat atau tidak benar-benar terhubung, pompa air yang bermasalah, atau elemen pendingin yang rusak atau katup bermasalah.	Ketidakefisien kerja cooler sehingga mesin dapat rusak.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i>	Periksa dan bersihkan saluran air, pastikan pompa air berfungsi, dan periksa kondisi elemen pendingin dan periksa katup.
5	Boiler	Untuk menghasilkan <i>steam</i> yang	Korosi panas pada boiler	1. Pengoperasian suhu tinggi. 2. Terdapat gas oksigen yang	Risiko mengalami retakan, porositas sehingga kekerasan lapisan akan	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i>	1. Menambahkan pelapis keras dengan teknik semprotan termal dan teknik semprotan plasma udara untuk

		berguna untuk pemanas alat lainnya		mudah larut dalam air.	berkurang dan boiler akan keropos sehingga rusak.	• <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	mengurangi korosi. 2. Memeriksa kembali kualitas boiler <i>feed water</i>. 3. Melakukan perawatan dengan proses deaerasi untuk menghilangkan gas terlarut. 4. Melakukan perawatan dengan injeksi <i>oxygen scavenger</i> menggunakan natrium sulfida.
			Kerak pada boiler	Boiler <i>feed water</i> yang tidak memenuhi standard.	Boiler mengalami keropos.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control</i>	1. Memeriksa kembali kualitas boiler <i>feed water</i>. 2. Melakukan perawatan internal maupun eksternal pada proses boiler water treatment.

						(TIC)	
			Deposit dan <i>carry over</i> pada boiler	1. Penggumpalan zat padat dalam air yang disebabkan adanya zat padat tersuspensi. 2. Kontaminasi uap produk hasil dari proses.	Jika deposit dibiarkan dapat menyebabkan <i>carry over</i> pada boiler sehingga tidak efektif dalam proses produksinya.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Memeriksa kembali kualitas boiler <i>feed water</i> dan produk boiler untuk meminimalisasi masuknya mineral yang dapat menyebabkan deposit. 2. Mencegah kontaminasi uap selanjutnya menggunakan bahan kimia untuk mendispersikan mineral-mineral penyebab deposit.

6.5 Unit Pemindahan

Tabel 6.5 *Troubleshooting* pada Unit Pemindahan

Tabel 6.5 *Troubleshooting* pada Unit Pemindahan (Hariady, 2014; Yunitasari & Pramono, 2021)

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Trouble or Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation Troubleshooting</i>
1	Pompa	Untuk memindahkan fluida ke tempat yang lain melalui media pipa (saluran) dengan menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan secara terus menerus.	Bahan baku dan produk tidak dapat ditransfer	Pompa tidak menyala (<i>pump fail to start</i>) hal ini dapat disebabkan oleh motor rusak, pompa tidak bekerja dan impeller mengalami penyumbatan.	Bahan baku tidak dapat ditransfer dengan baik. Menimbulkan bau gosong di sekitar pompa dan berkurangnya kapasitas pompa.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	1. Melakukan pengecekan kondisi operasi dan pompa secara berkala. 2. Memperbaiki pompa bila terjadi kerusakan. 3. Melakukan pemeriksaan sumber arus listrik yang masuk ke pompa. 4. Melakukan pembersihan impeller.
			Motor <i>overload</i>	Penyebab motor <i>overload</i> yaitu <i>shaft</i>	Motor <i>overload</i> mengakibatkan	• <i>Temperature</i>	1. Melakukan pengecekan dan perawatan terhadap motor

			atau motor kelebihan beban	rusak, <i>casing distored</i> , penghantaran arus terlalu tinggi dan <i>head</i> rendah.	resiko fluida tidak dapat dialirkan.	<i>Indicator Control</i> (TIC)	pompa. 2. Memperbaiki atau mengganti <i>shaft</i> dengan yang baru. 3. Mengurangi tekanan katup pompa.
			Kecepatan putaran pompa rendah	Motor pompa macet dan tegangan pompa kurang.	Aliran fluida menjadi kecil dan tidak dapat dialirkan	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	Melakukan pengecekan kondisi operasi berupa pemenuhan tegangan pompa dan perawatan terhadap motor pompa.
			Kerusakan pada	Kerusakan impeller dapat	Fluida tidak dapat dialirkan karena	• <i>Flow Indicator</i>	1. Melakukan pengecekan terhadap

			impeller	terjadi karena akibat <i>overflow</i> saat pompa, terjadi penyumbatan, kavitasi, dan erosi bahan kimia.	terdapat penyumbatan di pompa.	<i>Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	impeller dan kondisi operasi. 2. Melakukan inspeksi dan perawatan pada pompa yang bermasalah atau rusak. 3. Membersihkan impeller pompa pada bagian yang tersumbat dan jika impeller rusak maka dilakukan penggantian.
			Aliran fluida yang dipompa kecil	1. Terjadi kebocoran pada sisi isap pompa. 2. Kecepatan putaran pompa rendah. 3. <i>Discharge head</i> pompa terlalu tinggi 4. Terdapat	Risikonya terjadi kebocoran sehingga bahan akan tumpah, tidak teralirkan dengan baik dan mengganggu proses produksi.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	1. Melakukan pengecekan secara berkala terhadap kondisi operasi (aliran <i>feed</i>) dan luaran pompa. 2. Masukkan cairan dengan tekanan ke dalam pompa dan sisi isapnya.

				penyumbatan dan katup tertutup.			(Lihat <i>gauganya</i> apakah tekanan menurun jika suplai cairanya dilepas). 3. Melakukan pemeriksaan tegangan, <i>head</i> , strainer, katup, impeller, dan gesekan yang terjadi. Pastikan pada keadaan bersih, tidak ada penyumbatan, dan kerusakan. Jika terdapat kotoran maka dibersihkan dan tidak rusak.
			Kavitasi pada pompa	1. Tekanan yang terlalu rendah dalam cairan dapat menyebabkan tekanan turun di bawah tekanan uapnya dan terjadi	Kavitasi dapat menimbulkan resiko: 1. Kapasitas pompa dan umur pompa menjadi berkurang 2. Pompa tidak mampu membangkitkan	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperat</i>	1. Melakukan inspeksi, pengukuran getaran pompa, impeller untuk mendeteksi kerusakan mekanis dan melakukan perawatan pompa dengan baik. 2. Memeriksa keadaan pipa dan sisi masukkan untuk memastikan tidak ada

				pembentukan gelembung udara. Tekanan rendah dapat disebabkan oleh pompa yang bekerja di luar kapasitasnya. sehingga menimbulkan suara berisik, getaran atau kerusakan komponen pompa sewaktu gelembung fluida pecah ketika melalui daerah yang lebih tinggi tekanannya. 2. Penyumbatan	<i>head</i> (tekanan) sehingga berkurangnya efisiensi pompa. 3. Kerusakan sistem pipa karena dampak dari tekanan tinggi saat gelembung udara pecah. 4. Terjadinya erosi atau abrasi yaitu partikel padat pada cairan yang dipompa menghantam dan merusak permukaan pompa (impeller atau propeller) sehingga fluida	<i>ure Indicator Control</i> (TIC)	penyumbatan, kebocoran atau retakkan yang dapat menyebabkan penurunan tekanan. 3. Pastikan bahwa level cairan di tangki sumber (<i>suction tank</i>) mencukupi. <i>Head statis</i> (Hs) dari permukaan cairan harus memadai untuk memastikan NPSHA memenuhi persyaratan. • NPSH (<i>Net Positive Suction Head</i>) merupakan tekanan sisa pada sisi masukan pompa setelah memperhitungkan efek tekanan uap dari cairan yang sedang dipompa. Nilai ini dinyatakan sebagai perbedaan antara
--	--	--	--	--	---	---	---

				pada saluran masukan karena benda asing, biofilm yang tumbuh, korosi, atau tekanan atmosfer yang rendah. 3. Temperatur yang terlalu tinggi pada cairan dapat mengurangi tekanan uap sehingga dapat meningkatkan potensi pembentukan gelembung. 4. <i>Shaft seal</i> dan valve yang rusak sehingga	tidak dapat teralirkan dengan baik oleh pompa.		tekanan atmosfer dan tekanan uap cairan pada suhu operasional pompa. $\text{NPSHA} = P_{\text{atm}} + H_s - h_{\text{vp}} - h_f$ Keterangan: P_{atm} = tekanan atmosfer H_s = <i>head statis</i> dari permukaan cairan di tangki sumber (<i>suction tank</i>). h_{vp} = <i>head</i> uap cairan pada suhu operasional h_f = <i>head</i> gesekan di saluran masukan (<i>suction line</i>). NPSHR (<i>Net Positive Suction Head Required</i>) adalah besarnya NPSH yang dibutuhkan oleh pompa tertentu untuk
--	--	--	--	--	---	--	--

				menimbulkan udara berlebihan yang masuk.			beroperasi tanpa risiko kavitasi. Pastikan nilai $NPSHA > NPSHR$. 4. Memeriksa kondisi <i>shaft seal</i> (penyegelan <i>shaft</i>) dan valve di sisi masukan pompa. 5. Memeriksa kondisi operasi pompa seperti tekanan dan suhu cairan yang akan di pompa sudah sesuai dengan kondisi operasi dan spesifikasi pompa.
			Vibrasi atau getaran pada pompa.	Penyebab vibrasi yaitu: 1. Kekasaran permukaan <i>coating</i> serta terikutnya endapan dan kotoran (<i>impurities</i>) pada <i>suction</i> pompa	1. Endapan akan ikut terisap oleh <i>suction</i> pompa sehingga terjadi gesekan terhadap dinding impeller. 2. Pengoperasian pompa pada keadaan kavitasi	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	1. Melakukan pemeriksaan visual pompa. 2. Melakukan pengukuran getaran pompa pada berbagai titik di sekitar pompa. Identifikasi sumber dan tingkat getaran yang berlebihan. 3. Pemeriksaan impeller pompa.

				sehingga memicu terjadinya kavitasi dan korosi pada pompa. Gelembung uap air yang pecah menyebabkan benturan pada dinding karena cairan akan masuk secara tiba-tiba pada ruangan yang terbentuk akibat pecahnya gelembung uap tersebut. Pecahnya gelembung uap air ini menimbulkan suara berisik dan getaran (vibrasi). 2. Banyak endapan	secara terus menerus dalam jangka waktu lama menyebabkan permukaan dinding saluran di sekitar aliran akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang.		Pastikan tidak ada benda asing atau kerusakan pada sudut atau tepi impeller yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan. 4. Pemeriksaan <i>bearing</i> atau bantalan pompa untuk menilai kerusakan atau keausan yang dapat menyebabkan getaran abnormal. 5. Pemeriksaan kondisi sistem pipa pada pompa. Pastikan tidak ada kebocoran atau hambatan yang dapat menyebabkan ketidakstabilan dan getaran. 6. Pemeriksaan motor penggerak. Pastikan motor beroperasi dengan baik dan tidak ada masalah pada
--	--	--	--	--	---	--	--

				dan kotoran (<i>impurities</i>) dari fluida yang ikut terhisap <i>suction</i> pompa sehingga semakin menambah vibrasi dan dapat memicu terjadinya erosi pada sisi isap pompa.			kumpanan, <i>bearing</i> , atau elemen motor lainnya yang dapat menyebabkan getaran. 7. Pemeriksaan kondisi operasi subu cairan. 8. Pemeriksaan tanda tanda kavitasi.
			Terjadinya kebocoran pada pipa	1. Air masuk ke celah di antara <i>shaft</i> dan <i>sleeve</i> sehingga air tersebut masuk ke dalam rumah <i>bearing</i> yang mengakibatkan <i>shaft</i> menjadi <i>unbalance</i> dan	1. Kebocoran mengakibatkan risiko kehilangan cairan dari sistem yang dapat mengurangi tekanan dan kapasitas pompa. 2. Kebocoran dapat mengakibatkan	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature</i>	1. Melakukan pengecekan visual pompa secara langsung. Periksa bagian <i>shaft</i> , <i>sleeve</i> , dan motor pompa. Pastikan pada kondisi sesuai tempatnya. 2. Periksa kondisi pipa untuk memastikan tidak ada retakan, kerusakan, atau korosi yang menjadi

				mengakibatkan <i>sleeve</i> dan <i>impeller</i> memiliki celah. <i>Sleeve</i> mengalami perubahan posisi dari tempatnya yang semula, dan air bisa masuk melalui celah tersebut, 2. Terjadi vibrasi dan <i>noise</i> pada pompa yang melebihi toleransi yang diperbolehkan dan menjadi <i>unbalance</i> rotor.	risiko penurunan efisiensi pompa karena sebagian energi yang dihasilkan oleh pompa digunakan untuk mengatasi kebocoran dan bukan untuk memindahkan cairan. 3. Kebocoran pada sisi masukan (<i>suction side</i>) pompa dapat mengakibatkan risiko kavitasi yang dapat merusak komponen	<i>Indicator</i> <i>Control</i> (TIC)	penyebab kebocoran. Pastikan pipa dalam kondisi baik. 3. Identifikasi lokasi kebocoran dengan alat deteksi. Perhatikan kebocoran berasal dari pipa, sambungan, atau komponen pompa lainnya. 4. Tentukan tingkat kebocoran dengan memperhatikan jumlah dan laju aliran cairan yang keluar pompa. 5. Sebelumnya pastikan area sekitar aman. Jika pipa mengalami keretakan maka dapat diganti dengan sambungan pipa baru. Jika kebocoran dari komponen pompa yang rusak maka komponen pompa dapat diganti. tutup valve <i>input</i> dan
--	--	--	--	---	---	---	--

					pompa seperti impeller, motor, <i>shaft</i>, dan bantalan. Selain itu dapat menimbulkan risiko korosi, erosi, atau keausan pada komponen pompa lainnya. 4. Terjadinya <i>downtime</i> produksi (sistem dimatikan) untuk memperbaiki kebocoran. penghentian operasi yang tidak direncanakan		<i>output</i> pompa lalu perbaiki hingga sesuai dengan kondisi dan tempat yang sebenarnya.
--	--	--	--	--	--	--	---

					sehingga mengganggu proses produksi. 5. Risiko keamanan dan lingkungan karena fluida dapat tumpah mencemari lingkungan karena sifat toksisitas dan mudah terbakar.		
			Impeller mengalami pengelupasan pada lapisan <i>coating</i>-nya atau <i>blustering</i>	1. Terjadinya pengikisan abrasif yaitu adanya partikel padat dalam cairan yang dipompa. 2. Terjadinya kavitasi ketika	1. Efisiensi pompa menurun karena gesekan dan mengurangi kemampuan pompa untuk menghasilkan tekanan atau aliran yang	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperat</i>	1. Inspeksi visual pompa. 2. Pastikan sistem penyaringan atau <i>strainer</i> pada pompa berfungsi dengan baik. Jika kotor terdapat kontaminan maka lakukan pembersihan. Partikel atau kontaminan dalam cairan dapat merusak impeller dan lapisan

				tekanan cairan di dalam pompa pada turun di bawah tekanan uapnya sehingga membentuk gelembung udara dan pecah sehingga menimbulkan tekanan tinggi dan menyebabkan impeller rusak. 3. Menimbulkan korosi karena sifat kimia cairan yang dipompa, suhu, dan keasaman. 4. Kualitas material	diinginkan 2. Kerusakan sistem pompa dan mengurangi umur pakai pompa sehingga menyebabkan gangguan proses produksi 3. Risiko keamanan dan lingkungan karena menyebabkan kebocoran dan fluida dapat tumpah mencemari lingkungan karena sifat toksisitas dan mudah terbakar.	ure Indicator Control (TIC)	pelindungnya. 3. Periksa impeller secara visual untuk melihat apakah ada tanda-tanda pengelupasan, korosi, atau kerusakan lainnya pada lapisan pelindung. Pastikan tidak ada partikel padat atau zat abrasif lainnya yang dapat merusak impeller. Melakukan <i>coating</i> impeller kembali yang sesuai dengan sifat material dan kondisi operasional spesifik. Jika impeller rusak maka lakukan penggantian impeller. 4. Pemantauan kondisi operasi • Tinjau catatan operasional untuk memahami kondisi operasional terakhir pompa.
--	--	--	--	---	---	---	---

				dan <i>coating</i> yang tidak sesuai dengan suhu lingkungan, sifat kimia bahan fluida. 5. Kelebihan beban atau torsi sehingga tekanan mekanik tinggi dan merusak lapisan pelindung.			Periksa apakah ada fluktuasi tekanan, suhu, atau aliran yang signifikan yang dapat mempengaruhi kinerja pompa. 5. Periksa apakah pompa mengalami kondisi kavitasi. Identifikasi apakah ada kebocoran atau udara yang masuk ke dalam sistem. 6. Evaluasi sifat kimia cairan yang dipompa. Pastikan bahwa cairan tersebut kompatibel dengan material impeller dan lapisan pelindungnya. Periksa keasaman, korosivitas, atau kemungkinan adanya partikel abrasif dalam fluida.
			Cacatnya bagian	1. Pelumasan yang tidak memadai	1. Gesekan yang meningkat akibat	<i>Flow Indicator</i>	1. Inspeksi visual pompa. 2. Pemantauan kondisi operasi

			pompa seperti 1. <i>Bearing</i> (bantalan) pompa untuk gerakan rotasi mengalami kerusakan karena <i>overheating</i> berakibat putusnya <i>inner bearing</i>. 2. <i>Sleeve</i> (pelindung poros), impeller (menciptakan tekanan	atau pelumas yang tidak sesuai dapat menyebabkan gesekan berlebihan. Keausan akibat kurangnya pelumasan dapat terjadi pada permukaan kontak komponen. 2. Adanya kontaminasi seperti partikel abrasif, kotoran, atau air dalam pelumas dapat meningkatkan keausan pada	keausan dapat mengakibatkan peningkatan kehilangan energi dan penurunan kapasitas pompa. 2. Keausan pada impeller dan <i>sleeve</i> dapat menyebabkan perubahan bentuk dan geometri impeller, yang pada gilirannya dapat mengurangi kemampuan pompa untuk memindahkan cairan dengan efisien. 3. Keausan pada	<i>Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	Tinjau catatan operasional untuk memahami kondisi operasional terakhir pompa. Periksa apakah ada fluktuasi tekanan, suhu, atau aliran yang signifikan yang dapat mempengaruhi kinerja pompa. 3. Periksa apakah pompa mengalami kondisi kavitasi. Identifikasi apakah ada kebocoran atau udara yang masuk ke dalam sistem. 4. Evaluasi sifat kimia cairan yang dipompa. Pastikan bahwa cairan tersebut kompatibel dengan material impeller dan lapisan pelindungnya. Periksa keasaman, korosivitas, atau kemungkinan adanya partikel
--	--	--	---	---	---	---	--

			dan aliran), <i>shaft</i> (penerus daya dari motor ke pompa) mengalami keausan.	permukaan komponen yang merusak permukaan logam. 3. Beban berlebih pada impeller atau <i>shaft</i> akibat beban operasional yang melebihi kapasitas pompa atau akibat kelebihan beban. 4. Kavitasi dapat menyebabkan erosi pada impeller dan permukaan metal lainnya. 5. Vibrasi yang	<i>shaft</i> dapat mengakibatkan kerusakan pada bantalan. <i>Shaft</i> yang mengalami keausan dapat menghasilkan getaran tambahan yang dapat merusak bantalan dan mempercepat keausan. 4. Keausan pada komponen dapat meningkatkan beban listrik karena peningkatan gesekan dan resistensi. Hal ini dapat		abrasif dalam fluida. 5. Melakukan penggantian <i>spare part</i> pompa jika sudah rusak dan lakukan pemeliharaan serta pembersihan secara rutin.
--	--	--	--	---	---	--	---

				tinggi pada pompa dapat menyebabkan keausan karena menghasilkan gesekan tambahan dan meningkatkan tekanan pada permukaan komponen. 6. Korosi dapat merusak permukaan logam akibat suhu fluida dan kondisi lingkungan atau ketidakcocokan material dapat mempercepat	mengakibatkan peningkatan konsumsi energi dan biaya operasional.		
--	--	--	--	---	---	--	--

				proses korosi. 7. Suhu operasional yang tinggi dapat meningkatkan keausan pada permukaan logam. 8. Penggunaan material yang tidak sesuai dengan kondisi operasional atau cairan yang dipompa dapat menyebabkan keausan lebih cepat. 9. Ketidakseimbangan atau kegagalan pada sistem belt yang			
--	--	--	--	---	--	--	--

				dapat menyebabkan beban tidak merata pada <i>shaft</i> .			
			Kebocoran pipa gas <i>inlet</i> atau <i>outlet</i> .	Penyebab kebocoran pipa gas <i>inlet</i> atau <i>outlet</i> yaitu: 1. Perbedaan tekanan di dalam pompa dan tekanan <i>input</i>. 2. Kesalahan pengaturan tekanan, dan <i>flow indicator control</i> (FIC) rusak. 3. Penggunaan peralatan yang kurang tepat dan	1. Dapat menimbulkan resiko tumpahan produk yang besar sehingga berpotensi terjadinya kebakaran atau ledakan. 2. Menghasilkan efek emisi gas sehingga menimbulkan risiko yang serius terhadap ketahanan	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	1. Melakukan pendeteksian korosi pada pipa. 2. Menggunakan kamera / <i>sensor detector infrared</i> untuk mendeteksi titik kebocoran pada pipa. 3. Melakukan inspeksi dan pemeliharaan secara rutin. 4. Melakukan perbaikan seperti pengelasan pada bagian pipa yang mengalami kebocoran.

				kurangnya perawatan secara berkala sehingga <i>flanges</i> menjadi kendor dan tidak sesuai standar dan spesifikasi dengan torsi dan tegangan yang cukup, 4. <i>Valve</i> yang aus. 5. Terdapat getaran yang berlebih akibat turbulensi aliran fluida.	peralatan atau material, kesehatan manusia dan pencemaran lingkungan.		
2	Blower	Untuk menaikkan tekanan	Arus yang berlebihan yang	Terdapat arus yang berlebihan saat blower bekerja untuk	Terjadi hambatan pemindahan gas dari satu alat ke alat	• <i>Flow Indicator Control</i>	1. Relay proteksi <i>overcurrent</i> sangat diperlukan pada motor blower untuk mencegah arus

		udara atau gas yang akan dialirkan.	mengakibatkan arus hubung singkat.	memindahkan gas.	lainnya dengan blower sehingga proses produksi terganggu.	(FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	yang berlebih. 2. Penggunaan proteksi dan penyetelan arus <i>starting</i> pada motor harus berdasarkan arus <i>setting</i> motor karena apabila <i>setting</i> tidak sesuai dengan <i>nameplate</i> maka kerja motor tidak akan maksimal dan waktu pemutusan tidak seimbang.
			Kipas blower tidak menyala	1. Beban umpan yang terlalu berlebihan. 2. Kegagalan <i>start up</i> . 3. Terdapat kotoran atau debu yang menempel.	Fluida tidak dapat teralirkan, blower akan panas dan mati.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	1. Melakukan pemeriksaan sekering listrik blower, jika sekering putus maka ganti yang baru sesuai dengan nilai amperenya. 2. Periksa konektor ke blower berfungsi dipasang dengan benar. 3. Memeriksa dan memastikan tidak ada benda asing seperti daun yang menghalangi roda

							blower. 4. Memeriksa ukuran tegangan blower.
			Blower hanya menyala pada kecepatan tertentu	1. Beban umpan yang terlalu berlebihan.	Fluida tidak dapat teralirkan dengan baik.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	Memeriksa resistor daya blowernya. Jika resistornya rusak maka ganti resistor baru. Jika resistor daya merupakan bagian yang terintegrasi dari blower maka blower harus diganti.
			Blower mengeluarkan suara keras	Roda yang tidak seimbang, atau keausan dari elemen sikat karbon.	Blower berjalan lambat atau kecepatannya jadi tidak	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	Melakukan pemeriksaan roda blower. Blower mempunyai cacat mekanis dan harus diganti dengan yang baru.

6.6 Unit Penyedia Udara Tekan

Tabel 6.6 *Troubleshooting* pada Unit Penyedia Udara Tekan
(Andalucia, 2023; Azka Roby Antari, 2023; Integrally & Centrifugal, 2018; Jaouen & Bauer, 2017.)

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Trouble or Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation Troubleshooting</i>
1	Kompresor	Untuk menghisap dan menekan udara untuk dinaikkan sehingga suhu dan tekanan udara dapat dialirkan	Motor penggerak piston tidak berputar	Motor tidak mendapat sumber tegangan listrik, saklar rusak, kapasitor rusak, atau bisa jadi kumparan terbakar	1. Terjadinya ketidakstabilan dalam sistem dan menyebabkan risiko fluktuasi tekanan atau aliran yang tidak diinginkan. 2. Jika motor tidak berputar, kompresor mungkin mengalami overheating dan kerusakan karena	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Periksa sumber daya listrik Pastikan bahwa motor menerima daya listrik yang cukup. Periksa saklar daya, pemutus sirkuit, dan pastikan tidak ada pemadaman listrik. Periksa juga kondisi kabel dan konektor. 1. Periksa <i>fuse</i> dan <i>breaker</i> yang terkait dengan motor. Jika <i>fuse</i> putus atau <i>breaker</i> terlepas, maka ganti dengan yang baru yang sesuai kapasitasnya. 2. Pemeriksaan tegangan dan arus. Gunakan multimeter

					tidak ada aliran udara yang dihasilkan. Hal ini dapat merusak komponen internal kompresor, seperti piston, silinder, atau katup sehingga dapat menyebabkan risiko gangguan proses produksi.		untuk mengukur tegangan dan arus yang diterima oleh motor. Pastikan bahwa tegangan dan arus berada dalam rentang yang sesuai dengan spesifikasi motor. 3. Pemeriksaan kontrol panel Pastikan tidak ada pesan kesalahan atau indikasi masalah lainnya. Perhatikan lampu indikator atau display yang mungkin memberikan petunjuk tentang masalah. 4. Pemeriksaan thermal overload Beberapa motor dilengkapi dengan perlindungan termal. Periksa apakah motor mengalami proteksi termal dan biarkan motor dingin sebelum mencoba menyalakannya kembali.
--	--	--	--	--	--	--	---

							5. Pemeriksaan pemutus beban (<i>overload relay</i>) Jika motor dilengkapi dengan pemutus beban, periksa apakah pemutus beban telah terlepas. Ini dapat terjadi jika motor mengalami beban berlebih atau kondisi berjalan panas. 6. Pemeriksaan kontinuitas kabel Gunakan ohmmeter untuk memeriksa kontinuitas kabel listrik antara panel kontrol dan motor. Pastikan tidak ada kabel yang putus atau koneksi yang longgar. 7. Pemeriksaan Kapasitor (jika ada): Jika motor dilengkapi dengan kapasitor, periksa kapasitor untuk memastikan bahwa kapasitor masih berfungsi
--	--	--	--	--	--	--	---

							dengan baik. Kapasitor yang rusak dapat menyebabkan motor tidak berputar. 8. Pemeriksaan <i>starter</i> dan kontaktor Pastikan bahwa keduanya berfungsi dengan benar. Pastikan tidak ada kontak yang terbakar atau terputus. 9. Periksa sistem pengendalian Periksa sistem pengendalian untuk memastikan bahwa semua sensor, saklar, atau perangkat lainnya terhubung dengan benar dan berfungsi sesuai. 10. Inspeksi Fisik Motor: Periksa motor secara fisik untuk melihat adanya tanda-tanda kerusakan mekanis, seperti putaran yang sulit atau
--	--	--	--	--	--	--	---

							adanya suara tidak wajar. Ini mungkin menunjukkan masalah dengan bantalan, impeller, atau bagian mekanis lainnya.
			Kompresor tidak ingin menyala dan mati secara otomatis	Tekanan pada tabung berkurang, kompresor tidak mau menyala secara otomatis kemungkinan terjadi kerusakan pada <i>pressure switch</i> atau kabel yang menuju <i>pressure switch</i> terputus.	Kesalahan pada proses <i>start up</i> menyebabkan kerusakan komponen kompresor seperti motor, katup, atau perangkat kontrol. Dapat meningkatkan konsumsi energi dan ketidakstabilan proses.	• <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	Jika hanya kabelnya yang putus, cukup melakukan perbaikan pada kabelnya saja. Namun apabila ditemukan kerusakan pada <i>pressure switch</i> , maka kompresor harus diganti.
			Korosi pada kompresor	Udara masuk ke dalam kompresor dan bercampur dengan senyawa asam dan basa	Kerusakan pada kompresor dan mengganggu proses produksi.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Temperat</i>	Memasang sistem katup cegah air di bagian luar kompresor untuk mengurangi yang masuk pada udara tekan.

				lainnya akan berubah jadi korosif. Biasanya mesin yang sedang tidak beroperasi, udara dalam tabung akan mengalami pendinginan dan menempel di dalam komponen mesin.		<i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	
			Kapasitor meleleh	1. Tegangan berlebihan, ini bisa dilihat dari kapasitor yang rusak dan motor yang gosong. 2. pemakaian kompresor yang melebihi kapasitas, sehingga	Terjadi kebakaran jika cairan atau bahan yang dilepaskan dari kapasitor bersentuhan dengan materi yang mudah terbakar atau jika panas yang dihasilkan menciptakan kondisi yang dapat	<i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	1. Segera matikan suplai listrik ke kompresor. Ini dapat melibatkan memutuskan sirkuit untuk memastikan keselamatan dan mencegah potensi bahaya listrik. 2. Lakukan pengawasan tanda-tanda bahaya, seperti asap atau bau yang tidak wajar, yang mungkin menunjukkan adanya kebakaran atau bahaya

				menyebabkan kapasitor meleleh dan motor terbakar.	menyebabkan kebakaran dan menyebabkan gangguan pada tegangan atau arus listrik.		lainnya. Jika ada tanda-tanda kebakaran, segera panggil petugas pemadam kebakaran. 3. Amati komponen kapasitor yang meleleh untuk mendeteksi tanda-tanda kerusakan fisik. Periksa apakah terdapat kebocoran bahan atau cairan dari kapasitor. 4. Identifikasi penyebab melelehnya kapasitor. Beberapa penyebab umum meliputi tegangan berlebih, kelebihan beban, kondisi operasional yang tidak stabil, atau kegagalan internal kapasitor. 5. Periksa tegangan listrik dengan multimeter untuk mengukur tegangan listrik
--	--	--	--	---	---	--	---

							yang diterima oleh kompressor. Pastikan bahwa tegangan berada dalam batas yang diizinkan oleh spesifikasi kompressor dan kapasitor. 6. Pastikan bahwa beban listrik pada kompressor tidak melebihi kapasitas yang diizinkan oleh kapasitor. Kelebihan beban dapat menyebabkan panas berlebih dan melelehnya kapasitor. 7. Periksa sistem kontrol dan perangkat proteksi untuk memastikan berfungsi dengan baik. Pastikan bahwa ada perlindungan termal atau perangkat lain yang dapat memutus daya jika terjadi kelebihan panas. 8. Tinjau kondisi suhu
--	--	--	--	--	--	--	---

							operasional kompresor. Kelebihan panas dapat menyebabkan kapasitor meleleh. Pastikan sistem pendingin atau ventilasi berfungsi dengan baik. 9. Tinjau kondisi lingkungan di sekitar kompresor. Pastikan tidak ada kondisi yang dapat menyebabkan kelebihan panas, seperti kurangnya ventilasi atau paparan panas berlebih. 10. Jika kapasitor terlihat rusak atau meleleh, gantilah dengan kapasitor yang sesuai dan pastikan bahwa kapasitor baru memenuhi spesifikasi yang diperlukan. 11. Setelah melakukan perbaikan atau penggantian, uji coba kompresor dan pantau
--	--	--	--	--	--	--	--

							operasinya untuk memastikan bahwa kapasitor tidak lagi mengalami masalah.
			Kebocoran oli pada bagian mesin	Mesin kompresor terlihat bercak-bercak atau rembasan oli, maka dapat dipastikan ada kebocoran dibagian mesin kompresor. Hal ini bisa terjadi pada kompresor jika terjadi kerusakan pada sil mesin sehingga sela-sela mesin menjadi bocor. Gasket yang bocor ataupun silinder yang rusak juga bisa membuat hal ini terjadi.	Menyebabkan risiko korosi pada kompresor dan ketidakstabilan proses.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	1. Periksa level oli pada reservoir atau tangki oli. Pastikan level oli berada dalam batas yang ditentukan 2. Lakukan inspeksi visual terhadap komponen mesin kompresor, termasuk selang-selang, sambungan pipa, dan bagian-bagian lainnya. Carilah tanda-tanda kelembaban atau kebocoran. 3. Periksa seal dan gasket pada komponen mesin yang rentan terhadap kebocoran, seperti seal poros atau gasket di sekitar sambungan pipa. Pastikan seal dan gasket dalam kondisi baik dan tidak rusak.

							4. Periksa selang dan pipa yang membawa oli dari satu komponen ke komponen lain. Periksa apakah terdapat retakan, sobekan, atau keausan yang dapat menjadi sumber kebocoran. 5. Jika memungkinkan, periksa komponen internal seperti piston, silinder, dan bagian-bagian lainnya. Kadang-kadang kebocoran dapat terjadi pada komponen internal yang memerlukan pemeriksaan mendalam. 6. Lakukan uji tekanan sistem oli untuk mengidentifikasi sumber tekanan yang abnormal atau kebocoran. Pengukuran tekanan dapat memberikan petunjuk tentang letak
--	--	--	--	--	--	--	--

							kebocoran. 7. Periksa kondisi filter oli. Filter yang kotor atau rusak dapat menyebabkan tekanan yang tidak normal dan kebocoran. Gantilah filter yang rusak atau berusia. 8. Periksa sambungan <i>fitting</i> atau <i>connector</i>. Pastikan <i>fitting</i> dan <i>connector</i> dipasang dengan benar dan kencang. Sambungan yang longgar dapat menyebabkan kebocoran. 9. Periksa kondisi radiator atau bagian pendingin lainnya untuk memastikan tidak ada kebocoran yang mengakibatkan campuran oli dengan sistem pendingin.
			Tekanan	Terdapat kebocoran	Efisiensi menurun	• <i>Flow</i>	1. Periksa kebocoran pada

			udara menurun	pada karet di bagian pompa	dan proses kerja pada kompressor tidak stabil.	<i>Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i>	seluruh bagian karet termasuk seal, o-ring, dan komponen karet lainnya. 2. Periksa sambungan pipa dan <i>fitting</i> di sekitar pompa kompresor. Pastikan bahwa semua sambungan rapat dan tidak ada kebocoran. Perhatikan khususnya di area tempat karet digunakan sebagai seal atau gasket. 3. Gunakan alat pengukur tekanan untuk mengukur tekanan udara pada sistem. Catat tekanan saat kompresor sedang mati dan bandingkan dengan tekanan yang diinginkan. Perhatikan penurunan tekanan seiring waktu. 4. Matikan kompresor dan
--	--	--	------------------	-------------------------------	--	---	--

							perhatikan apakah tekanan udara tetap konstan atau mengalami penurunan. Jika ada penurunan tekanan, ini dapat menjadi indikasi kebocoran pada karet atau bagian lain. 5. Gunakan cairan pendeteksi kebocoran yang cocok untuk komponen karet. Oleskan cairan ini pada area-area yang dicurigai kebocoran. Jika ada kebocoran, cairan akan membentuk gelembung. 6. Periksa <i>seal</i> atau gasket yang terdapat di sekitar pompa kompresor. <i>Seal</i> atau gasket yang aus atau rusak dapat menjadi penyebab kebocoran. Gantilah <i>seal</i> atau gasket yang rusak.
--	--	--	--	--	--	--	---

							7. Pastikan bahwa baut dan <i>fitting</i> di sekitar pompa kompresor cukup ditarik dengan benar. Baut yang longgar atau <i>fitting</i> yang tidak cukup ditarik dapat menyebabkan kebocoran. 8. Jika menemukan komponen karet yang rusak atau mengalami keausan, segera ganti komponen tersebut dengan yang baru.
			<i>Overload</i> dan <i>overheating</i>	Kinerja motor penggerak bekerja lebih berat dan akan mendapatkan beban yang lebih besar sehingga memaksa mesin untuk bekerja lebih ekstra dari batas	Jika sudah terjadi <i>overload</i> , biasanya juga berdampak pada motor listrik semakin panas dan bahkan dapat mengalami kebakaran dibagian lilitan magnetnya.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperat</i>	1. Pastikan level oli pada kompresor berada pada level yang sesuai. 2. Gunakan manometer untuk mengukur tekanan di sistem kompresor. 3. Periksa filter udara dan pastikan tidak ada penyumbatan atau kotoran

				kemampuannya dan <i>overheating</i> .		<i>ure Indicator Control (TIC)</i>	yang dapat menghambat aliran udara. - Periksa impeller dan seal untuk keausan atau kerusakan. - Periksa katup hisap dan katup pembuangan. - Periksa pengaturan temperatur dan tekanan pada kompresor. - Periksa seal dan gasket di sekitar kompresor untuk keausan atau kerusakan. - Pastikan beban operasional kompresor sesuai dengan kapasitasnya. - Ganti komponen jika ada komponen yang rusak dan lakukan pemeliharaan rutin termasuk pembersihan, pelumasan, dan pemeriksaan berkala.
			Pemanasa	Udara hisap	1. Menghambat	• <i>Pressure</i>	1. Pastikan level oli pada

			n berlebih pada udara hisap	memiliki temperatur yang lebih tinggi, maka dapat berdampak juga terhadap temperatur udara tekan.	terjadinya proses pemampatan angin/udara. 2. Kerusakan pada tiap katup, proses kompresi yang berhenti total, piston yang macet, hingga timbulnya karbit yang menempel pada tiap katup peralatan lainnya.	<i>Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	kompressor berada pada level yang tepat. 2. Pastikan suhu lingkungan di sekitar kompressor sesuai dengan spesifikasi operasional. 3. Gunakan manometer untuk mengukur tekanan udara hisap. 4. Periksa filter udara dan pastikan tidak ada penyumbatan atau kotoran yang dapat menghambat aliran udara. 5. Periksa impeller kompressor untuk keausan atau kerusakan. 6. Periksa <i>seal</i> dan gasket di sekitar kompresor untuk keausan atau kerusakan. 7. Jika kompresor menggunakan <i>belt</i>, periksa kondisi <i>belt</i>. Pastikan <i>belt</i> tidak terlalu kencang atau terlalu longgar,
--	--	--	-----------------------------	---	---	--	---

							dan ganti jika diperlukan. 8. Pastikan pengaturan katup sesuai dengan spesifikasi pabrikan. Pengaturan yang tidak benar dapat menyebabkan pemanasan berlebih.
			<i>Bearing shaft fan cooler</i> panas	Klahar yang berada pada kipas pendingin. Jika klahar ini panas, berarti alat ini bekerja terus menerus tanpa henti.	Efisiensi menurun dan proses kerja pada kompressor tidak stabil.	<i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	Kompressor segera dimatikan/dihentikan sementara, untuk menstabilkan kembali suhu <i>bearing</i>-nya tersebut.
			<i>Belt engine</i> putus (Karet yang menjadi	1. <i>Pulley</i> yang aus, berkarat. 2. Pembebanan berlebih pada <i>belt</i>, misalnya akibat <i>over drive</i>	Efisiensi menurun dan proses kerja pada kompressor tidak stabil dan dilakukan penghentian kerja	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator</i>	1. Saat <i>belt</i> putus, matikan mesin segera untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan untuk keamanan. 2. Periksa <i>pulley</i> yang terhubung dengan <i>belt</i>.

			pengikat sekaligus menjaga gerak atau kerja berbagai <i>spare part</i> mesin)	atau komponen yang mengalami beban lebih dari kapasitas. 3. <i>Pulley</i> yang tidak sejajar dengan benar dapat menyebabkan ketegangan yang tidak merata. 4. Panas yang berlebih akibat gesekan berlebih. 5. Getaran berlebih atau keseimbangan yang tidak tepat. 6. Paparan <i>belt</i> terhadap zat-zat kimia, minyak, atau bahan lain	sementara.	<i>Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	Pastikan <i>pulley</i> berputar dengan bebas dan tidak ada hambatan. Periksa tegangan <i>belt</i> dan pastikan sesuai dengan spesifikasi. 3. Periksa keseimbangan komponen yang terhubung dengan <i>belt</i>, seperti <i>pulley</i> dan poros. Keseimbangan yang buruk atau poros yang bengkok dapat menyebabkan beban yang tidak merata pada <i>belt</i>. 4. Pastikan <i>belt</i> dipasang pada posisi yang benar dan mengikuti rute yang tepat sesuai dengan diagram <i>routing belt</i> yang disediakan oleh pabrikan. 5. Periksa kondisi karet <i>belt</i> yang tersisa di mesin. Jika
--	--	--	---	---	------------	--	--

				yang dapat merusak karet dapat menyebabkan keausan dan kelemahan struktural			ada tanda-tanda keausan, retakan, atau kerusakan lain, ganti <i>belt</i> yang rusak. Pastikan tidak ada komponen yang tertahan atau mengalami gesekan berlebihan yang dapat merusak <i>belt</i>. 6. Setelah melakukan pemeriksaan dan perbaikan, nyalakan mesin dan amati apakah <i>belt</i> beroperasi dengan baik. Pastikan tidak ada suara aneh atau tanda-tanda ketegangan yang tidak stabil.
			<i>Engine low speed</i>	<i>Engine low speed</i> merupakan kecepatan pada mesin menurun ataupun rendah.	Ketidakstabilan pada proses, vibrasi tinggi sehingga menimbulkan suara bising, <i>overheating</i> ,	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC)	1. Pastikan aliran bahan bakar dari tangki ke sistem bahan bakar berjalan lancar. Periksa filter bahan bakar untuk melihat apakah ada

				Masalah ini dapat terjadi disebabkan karena 1. Udara dalam tabung bocor. 2. Tekanan <i>fuel</i> rendah. 3. Kualitas bahan bakar rendah atau bahan bakar bercampur dengan air. 4. Kebocoran pada sistem pemasukan udara. 5. Kebocoran pada pipa.	dan efisiensi menurun		penyumbatan atau kotoran yang dapat menghambat aliran. 2. Periksa busi, kabel pengapian, dan sistem pengapian lainnya. Pastikan busi dalam kondisi baik dan sesuai dengan spesifikasi. Periksa kabel pengapian untuk kebocoran atau kerusakan. 3. Pastikan sistem udara bersih dan bebas dari hambatan. Periksa filter udara dan gantilah jika perlu. Periksa juga selang-selang udara untuk kebocoran atau penyumbatan. 4. Periksa tingkat oli dan pastikan sistem pelumasan berfungsi dengan baik. Pastikan tidak ada kebocoran pada sistem pelumasan dan
--	--	--	--	--	------------------------------	--	--

							ganti oli sesuai jadwal pemeliharaan. 5. Pastikan sistem pendingin beroperasi dengan baik. Periksa level cairan pendingin dan pastikan tidak ada kebocoran. Periksa kondisi radiator dan kipas pendingin. 6. Periksa pengaturan dan kondisi katup. Pastikan katup dalam posisi yang benar dan tidak ada kebocoran gas. Lakukan pengaturan ulang jika diperlukan. 7. Periksa pompa bahan bakar untuk memastikan bahwa tekanan bahan bakar sesuai dengan spesifikasi. Pastikan pompa bahan bakar berfungsi dengan baik dan tidak ada kebocoran.
--	--	--	--	--	--	--	---

							8. Periksa sensor-sensor seperti sensor oksigen, sensor suhu udara, dan sensor tekanan udara. Pastikan sensor berfungsi dengan baik dan memberikan sinyal yang akurat. 9. Periksa <i>timing engine</i> untuk memastikan bahwa semua komponen terkait <i>timing</i>, seperti sabuk waktu atau rantai <i>timing</i>, berada pada posisi yang benar. 10. Pastikan selang-selang vacuum dalam kondisi baik dan terpasang dengan benar. 11. Periksa semua kabel dan konektor elektrikal untuk memastikan tidak ada korsleting atau kebocoran arus.
			<i>Engine</i>	1. Volume oli di	<i>Overheating,</i>	• <i>Flow</i>	1. Periksa penyebab oli tekanan

			<i>press oil low low</i>	bawah kapasitas. 2. Pemilihan viskositas oli tidak tepat. 3. Menurunnya viskositas oli. 4. Tekanan oli terlalu rendah karena pompa rusak. 5. Filter kotor dan rusak 6. Komponen mesin sudah aus. 7. Filter oli tertutup. 8. Kerusakan indikator menyebabkan tekanan oli terlihat rendah.	distribusi tidak lancar, Komponen mesin akan mengalami kekurangan pelumas karena tidak ada oli tersalurkan.	<i>Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	terlalu rendah. 2. Melakukan penggantian oli dengan spesifikasi sesuai seperti viskositas yang sesuai.
			<i>Stopper</i>	Sebuah katrol	Kompresor mati	• <i>Flow</i>	1. Kompresor dimatikan

			<i>pulley</i> lepas	penghenti pada kompresor mengalami insiden lepas dari tempatnya dan kompresor tidak bisa berfungsi dengan normal.	dan menghambat proses produksi.	<i>Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	sementara. 2. Periksa bagian <i>stopper pulley</i> lalu perbaiki <i>stopper pulley</i> yang lepas.
			PCV stage 1 rusak	<i>Positive Crankcase Ventilation (PCV)</i> adalah sistem mesin yang mengeluarkan uap gas dari ruang mesin dan mengalirkan uap ini balik ke silinder untuk proses	Terjadi kontaminasi oli mesin, penumpukan <i>sludge</i> , kebocoran oli, konsumsi bahan bakar tinggi, dan masalah merusak mesin lainnya.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i>	1. Periksa PCV mesin dan analisa penyebab kerusakan. 2. Bersihkan PCV dari <i>sludge</i> dan periksa volume oli pastikan sesuai dengan ukuran. 3. Jika PCV rusak total tidak berfungsi maka ganti dengan yang baru.

				pembakaran.			
			<i>Oil filter engine</i> patah	<i>Oil filter engine</i> yaitu saringan oli/filter yang dirancang untuk menyaring segala macam kotoran dari oli. Oli mesin yang digunakan terus menerus akan mudah terkontaminasi dengan kotoran.	Mesin terganggu dalam prosesnya terjadi ketidakstabilan.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	<i>Oil filter</i> harus dibersihkan ataupun menggantinya dengan yang baru.
			<i>Oil filter</i> atau <i>cooler core</i> kotor,	Penyebabnya yaitu debu dan kotoran dari udara, keausan komponen mesin, oksidasi oli yang menghasilkan endapan dan mengurangi aliran oli.	Peningkatan tekanan dan suhu, oksidasi oli. Terjadinya kavitasi, kerusakan seal dan gasket, dan penurunan umur kompresor.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperat</i>	1. Periksa cara kerja <i>by pass</i> valve untuk filter. 2. Pasang elemen filter yang baru bila diperlukan. 3. Bersihkan kotoran atau ganti dengan <i>cooler</i> yang baru. 4. Keluarkan oli yang kotor dan isi <i>oli engine</i> yang baru

						<i>ure Indicator Control (TIC)</i>	dengan ukuran yang sesuai prosedur.
			<i>Low oil pressure (oil filter engine pecah)</i>	<i>Low oil pressure</i> adalah tekanan oli di dalam mesin berada di bawah level yang seharusnya. Penyebabnya adalah pecahnya <i>oil filter engine</i> karena dalam keadaan kotor dan juga jarang dibersihkan, <i>engine oil level</i> rendah, dan <i>oil engine</i> bocor.	Terjadi peningkatan kotoran pada kompressor sehingga tidak stabil. Selain itu terjadinya peningkatan tekanan dan suhu, oksidasi oli, terjadinya kavitasi, kerusakan seal dan gasket, dan penurunan umur kompressor.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	1. Periksa <i>engine oil level</i> dan lakukan pengisian oli dengan ukuran yang benar. 2. Periksa kekendoran <i>oil filter</i> dan saluran <i>supply</i> oli.
			<i>Low level oil</i>	<i>Low level oil</i> adalah ketinggian indikator volume oli	Komponen yang berputar didalam kompresor berupa	• <i>Flow Indicator Control</i>	Melakukan pengisian oli hingga level yang memenuhi kriteria

				menunjukkan bahwa oli yang berada dalam mesin sedikit,	panas dan aus.	(FIC)	
			Gasket <i>discharge</i> kompresor <i>stage 2</i> bocor	Gasket adalah penyekat pada blok mesin yang dirakit menjadi satu untuk mencegah terjadinya kebocoran, baik pada kompresi, gas pembakaran oli, maupun air pendingin. Penyebab gasket bocor yaitu tekanan dan suhu ekstrem sehingga gasket kaku, degradasi atau keausan karena umur	1. Peningkatan konsumsi energi. Kompresor bekerja lebih keras untuk mencapai tingkat tekanan yang diinginkan. 2. Kebocoran dapat menyebabkan tekanan yang tidak merata atau beban kerja berlebih pada beberapa bagian kompresor. Hal ini dapat merusak	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Pemeriksaan rutin kondisi gasket dan komponen kompresor. 2. Jika terjadi kebocoran pada gasket maka langkah yang harus diambil yaitu mengganti gasket dengan yang baru. 3. Pastikan gasket dipasang dengan benar dan sesuai dengan prosedur. 4. Pastikan sistem pelumasan kompresor berfungsi dengan baik untuk mengurangi gesekan dan panas berlebih pada komponen. 5. Pemantauan kondisi operasi sistem dan minimalkan getaran

				gasket, getaran atau guncangan pada compressor karena instalasi buruk atau kondisi operasi tidak sesuai	seal, bearing, dan komponen lainnya 3. Jika gas yang dikompresi bersifat berbahaya, kebocoran dapat menciptakan risiko kebocoran gas berbahaya ke lingkungan kerja, yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.		yang mungkin terjadi saat proses.
			<i>Timing belt</i> kompresso r rusak	<i>Timing belt</i> merupakan karet pengikat sekaligus penggerak komponen mesin.	Jika <i>timing belt</i> rusak atau putus, kinerjanya akan terganggu bahkan mogok.	<i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	Mengganti <i>timing belt</i> dengan yang baru. <i>Timing belt</i> mesti kuat dan perawatannya sangat dipengaruhi oleh panas, oli, air dan debu.

				<i>Timing belt</i> bertugas menyelaraskan dan menyalurkan putaran agar proses buka tutup klep sesuai dengan posisi piston dan <i>timing</i> pengapian busi. Penyebab kerusakannya yaitu aus, tegangan yang tidak sesuai menyebabkan slip. Kontaminasi cairan, debu, dan benda asing, panas akibat gesekan, dan ketidaksempurnaan <i>pulley</i> atau tensioner yang tidak berputar dengan baik.	Mesin pun bisa seketika mati. terjadi <i>slip</i>, berisik hingga putus.		
--	--	--	--	---	--	--	--

2	Ekspander	Untuk menurunkan tekanan dan suhu gas yang diekspansi	Vibrasi yang berlebihan dari <i>bull gear to the opinion</i>	1. Permasalahan desain. 2. Kecacatan komponen. 3. Kesalahan saat <i>test set-up</i>. 4. Pelumasan pada bantalan yang tidak normal. 5. Terdapat komponen asing di dalam sistem minyak.	Expander tidak dapat bekerja dengan baik	• <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	1. Meminimalkan ketidaksejajaran pinion terhadap <i>bull gear</i>. 2. Meminimalkan massa kopling 3. Memaksimalkan diameter hubungan <i>bull shaft</i>. 4. Meminimalkan massa roda. 5. Memaksimalkan kekakuan dan redaman bantalan <i>pinion bearing</i>. 6. Menyeimbangkan rotor.
			Tidak seimbangn ya hasil kerja rotor	Cacat komponen pada pabrikasi di bagian <i>shaft</i> dan <i>wheels</i>	Expander tidak dapat bekerja dengan baik	• <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control</i>	1. Menyeimbangkan kinerja rotor dengan melakukan inspeksi visual.

6.7 Unit Penyedia Listrik

Tabel 6.7 *Troubleshooting* pada Unit Penyedia Listrik (Amin, 2012; Nurfiqa, 2018)

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Function</i>	<i>Trouble or Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation Troubleshooting</i>
1	Generator	Untuk membangkitkan tenaga listrik	Kebutuhan generator tidak sesuai kapasitas kebutuhan energi listrik.	Pada pabrik yang kontinyu ini menjadi permasalahan pada kapasitas kebutuhan energi, jumlah generator yang belum bisa terpenuhi dengan baik.	Tidak terpenuhinya kebutuhan listrik yang dapat membuat proses produksi terganggu	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	1. Melakukan klasifikasi sumber tenaga yaitu: • <i>Main</i> generator sebagai sumber tenaga listrik utilitas pabrik. • <i>Emergency</i> generator merupakan generator cadangan apabila mendadak terjadi gangguan pada main generator saat peralihan saluran. 2. Melakukan perbaikan secara berkala pada generator untuk memastikan efisiensi alat masih berjalan baik dan mengurangi gangguan pada keberlangsungan pabrik.

			Gangguan pada stator meliputi gangguan hubung singkat fasa tanah, gangguan hubung singkat antar fasa, dan gangguan hubung singkat antar belitan.	Hubung singkat adalah jenis gangguan pada sistem tenaga listrik yaitu terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media yang seharusnya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal.	Terjadi kerusakan pada isolasi inti stator dan lilitan stator akibat panas yang dibangkitkan pada pusat gangguan sehingga mengganggu kinerja generator dalam menghasilkan listrik.	<i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	1. Pengecekan usia pemakaian, keausan, dan tekanan teknis. Komponen peralatan listrik diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas. 2. Bila terjadi suatu gangguan di dalam rangkaian listrik, instalasi harus diamankan dan bagian yang terganggu harus di pisahkan dalam waktu secepatnya. Memasang alat pengaman, melepaskan atau memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem keseluruhan guna memperkecil kerusakan yang dapat terjadi dan sebanyak mungkin mempertahankan kontinuitas penyediaan tenaga listrik.
			Kondisi operasi	Hilangnya penguatan medan menyebabkan	Terjadi pemanasan yang berlebih dan	• <i>Flow Indicator</i>	Pengecekan penguatan medan, induksi arus pada rotor dan <i>wedge</i>

			abnormal yaitu hilangnya penguatan medan (<i>loss of field</i>).	putaran generator akan bertambah cepat dan menyerap daya reaktif dari sistem. Induksi arus pada rotor, baji (<i>wedge</i>) akan menimbulkan torsi pada poros (<i>shaft</i>).	akan membahayakan rotor.	<i>Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature Indicator Control</i> (TIC)	yang menimbulkan torsi pada poros.
			Gangguan beban lebih (<i>over load</i>).	Gangguan beban lebih terjadi karena generator tidak mampu memikul beban yang melebihi batas nominalnya.	Beban lebih pada generator dapat mengakibatkan penurunan frekuensi dan tegangan keluaran generator sehingga kinerja generator tidak optimal.	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC) • <i>Temperature</i>	Untuk mengatasi hal ini pengaturan tegangan (AVR) menaikkan arus penguatan namun kenaikan arus penguatan ini bila berlebihan dapat menimbulkan pemanasan lebih pada rotor dan stator.

						<i>Indicator Control (TIC)</i>	
			Gangguan tegangan lebih (<i>over voltage</i>)	Gangguan tegangan lebih terjadi karena putaran generator melebihi batas nominalnya yang disebabkan oleh hilangnya beban atau gangguan pada penggerak mula. Putaran yang meningkat dapat meningkatkan frekuensi.	Putaran yang meningkat dapat meningkatkan frekuensi, hal ini dapat mengganggu sinkronasi pada jaringan dan dapat pula mengakibatkan terjadinya kerusakan pada generator.	• <i>Flow Indicator Control (FIC)</i> • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	Pengecekan dan melakukan pengaturan kondisi beban, rotor, dan kondisi operasi tegangan saat pengoperasian generator.
			Hilangnya penggerak mula (<i>loss</i>)	Gangguan kegagalan penggerak mula pada generator akan	Tegangan yang dihasilkan generator juga menurun.	• <i>Flow Indicator Control</i>	Melakukan pengecekan dan pengaturan <i>suplay</i> daya pada generator saat operasi.

			<i>of primem over).</i>	mengakibatkan generator berubah menjadi motor. Hal ini terjadi karena generator mendapat suplai daya dari jaringan. Sebelum kehilangan penggerak mula secara keseluruhan, biasanya terjadi penurunan putaran pada turbin secara bertahap.		(FIC) • <i>Pressure Indicator Control (PIC)</i> • <i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	
			Gangguan temperatur lebih (<i>over heating</i>).	Timbulnya panas yang berlebihan dalam stator umumnya disebabkan oleh beban lebih atau	Bila hal ini terjadi akan mengakibatkan perubahan sifat mekanis dan listrik dari bahan isolasi.	<i>Temperature Indicator Control (TIC)</i>	Melakukan pengecekan <i>temperature indicator control (TIC)</i> pada generator.

				terjadinya hubung singkat di luar atau di dalam generator serta dapat pula disebabkan oleh kegagalan dari sistem pendinginan.			
			Gangguan putaran lebih (<i>over speed</i>).	Bila suatu generator bekerja sendiri menanggung beban, tiba-tiba melepas bebannya karena suatu gangguan dan bila generator yang bekerja paralel terlepas dari sistem, akibatnya akan ada putaran lebih.	Bila generator yang bekerja sendiri akan menyebabkan kenaikan frekuensi maka putaran lebih akan menaikkan tegangan generator. Bila menaikkan tegangan mendadak ini terjadi akan membahayakan isolasi	• <i>Flow Indicator Control</i> (FIC) • <i>Pressure Indicator Control</i> (PIC)	Lakukan pengecekan dan lengkapi dengan alat pengaturan tegangan atau AVR.
			Gangguan arus lebih	Dalam keadaan normal, arus pada	Gangguan arus berlebih	• <i>Flow Indicator</i>	Melakukan pengecekan fasa arus pada generator secara berkala saat

			(over current)	generator tiga fasa seimbang. Tetapi jika terjadi gangguan pada jaringan maka keseimbangan tersebut akan terganggu. Gangguan ini dapat berupa gangguan fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa.	menyebabkan ketidakseimbangan beban sehingga kinerja generator terbebaskan dan terjadi putusnya salah satu fasa saluran.	Control (FIC) • Pressure Indicator Control (PIC)	proses.
--	--	--	----------------	--	--	---	---------

Dari rancangan *troubleshooting* pada delapan unit proses, diharapkan dapat menekan adanya risiko kerugian dan kecelakaan kerja yang kemungkinan untuk terjadi dan jika sampai terjadi dapat diatasi dengan lebih siap dan sesuai prosedur yang telah dipersiapkan. Apabila risiko kerugian dan kecelakaan kerja tersebut dapat ditekan, maka lingkungan kerja akan menjadi lebih kondusif, relatif lebih aman, dan hal tersebut berakibat pada performa karyawan dan pada akhirnya hasil akhir dari proses atau produk memiliki mutu yang terjaga dengan baik

