

BAB V

TROUBLESHOOTING

6.1 Analisa Troubleshooting pada Unit Penyimpanan

Tabel 6.1 Analisa Troubleshooting pada Unit Penyimpanan Bahan Baku

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
1	F-101 (Tangki NaCl)	Tangki penyimpanan Sodium Chloride (NaCl) padat	Less flow / No flow	Penyumbatan pada outlet tangki akibat penggumpalan NaCl	Aliran NaCl ke proses terhenti, produksi terganggu	Pasang vibrator pada dinding tangki; inspeksi rutin outlet	Lakukan pembersihan saluran outlet secara berkala; gunakan agitator untuk mencegah penggumpalan
2	F-101 (Tangki NaCl)	Tangki penyimpanan Sodium Chloride (NaCl) padat	High level	Pengisian melebihi kapasitas tangki	Tumpahan material, risiko kontaminasi lingkungan	Level indicator dan high-level alarm	Kendalikan laju pengisian; pasang interlock otomatis untuk menghentikan pengisian

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
3	F-102 (Tangki NH ₃)	Tangki penyimpanan Amonia (NH ₃) fase cair bertekanan	High pressure	Kegagalan safety valve atau kenaikan suhu lingkungan	Risiko ledakan tangki, kebocoran gas beracun NH ₃	Safety relief valve (SRV), pressure transmitter & alarm (PT)	Inspeksi SRV secara berkala; pasang secondary containment dan sistem deteksi gas NH ₃
4	F-102 (Tangki NH ₃)	Tangki penyimpanan Amonia (NH ₃) fase cair bertekanan	Leakage / Low pressure	Korosi dinding tangki atau kegagalan fitting perpipaan	Paparan gas NH ₃ beracun bagi operator, risiko kebakaran	Gas detector NH ₃ , alarm, MSDS tersedia	Pemeriksaan integritas tangki secara rutin; sediakan APD dan jalur evakuasi

Referensi : Cahyono, N. et al. (2021). Risk Analysis Using the Risk-Based Inspection (RBI) Method for a Pressure Vessel at Offshore Platform. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1052, 012051. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1052/1/012051>

6.2 Analisa Troubleshooting pada Unit Preparasi Bahan Baku

Tabel 6.2 Analisa Troubleshooting pada Unit Preparasi Bahan Baku

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
1	H-101 (Hopper)	Penampung sementara NaCl sebelum	No flow / Less flow	Bridging atau rat-holing material NaCl di dalam hopper	Aliran NaCl ke dissolver terhenti, produksi terganggu	Pasang vibrator pada dinding	Lakukan pemeriksaan rutin dan gunakan insert

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
		masuk Dissolver				hopper; level indicator	anti-bridging; modifikasi sudut kemiringan hopper
2	H-101 (Hopper)	Penampung sementara NaCl sebelum masuk Dissolver	High level	Pengisian berlebihan dari bucket elevator	Tumpahan material, kerusakan struktur hopper	High-level alarm (LA)	Sinkronisasi laju bucket elevator dengan kebutuhan proses; pasang interlock
3	D-101 (Dissolver)	Tangki pelarutan NaCl dalam air untuk membuat larutan <i>brine</i>	Low concentration	Rasio air terhadap NaCl terlalu tinggi; agitator tidak bekerja optimal	Konsentrasi <i>brine</i> rendah, efisiensi absorber menurun	Flow transmitter air dan NaCl, density meter	Kalibrasi rasio kontrol aliran air dan NaCl; periksa kondisi impeller agitator
4	D-101 (Dissolver)	Tangki pelarutan NaCl dalam air untuk	High temperature	Panas reaksi pelarutan berlebihan atau kurangnya pendinginan	Larutan <i>brine</i> tidak stabil, presipitasi garam	Temperature indicator (TI)	Pasang coil pendingin di dissolver; monitor suhu secara kontinyu

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
		membuat larutan <i>brine</i>					
5	EL-101 (Bucket Elevator)	Mengangkut NaCl padat dari tangki penyimpanan ke hopper	No flow (elevator berhenti)	Overload bucket, kegagalan motor listrik, putusnya rantai/belt	Aliran NaCl terhenti, produksi stop	Current overload protector pada motor, level alarm di hopper	Lakukan inspeksi mekanik rutin; pasang torque sensor; sediakan unit cadangan
6	EL-101 (Bucket Elevator)	Mengangkut NaCl padat dari tangki penyimpanan ke hopper	Vibration tinggi	Misalignment shaft, ketidakseimbangan bucket, bearing aus	Kerusakan mekanik, getaran berlebih mengganggu struktur	Vibration sensor dan alarm	Lakukan alignment dan balancing secara berkala; ganti bearing sesuai jadwal preventif

Referensi : Mocellin, P. et al. (2022). Experimental Methods in Chemical Engineering: Hazard and Operability Analysis—HAZOP. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 100, 3450–3469. <https://doi.org/10.1002/cjce.24520>

6.3 Analisa Troubleshooting pada Unit Transportasi

Tabel 6.3 Analisa Troubleshooting pada Unit Transportasi

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
1	CV-101 (Belt Conveyor)	Memindahkan NaCl padat dari	Belt slip / off track	Ketegangan belt tidak cukup, rol	Tumpahan material, kerusakan belt	Misalignment sensor dan alarm	Lakukan tensioning rutin; bersihkan rol

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
		area penyimpanan ke proses		conveyor kotor atau aus			secara berkala; pasang belt tracking device
2	P-202 (Pompa 2)	Memompa larutan <i>brine</i> dari dissolver ke absorber	No flow / Low flow	Kavitasi pompa, tersumbat, atau impeller aus	Aliran <i>brine</i> ke absorber terhenti, produksi terganggu	Flow transmitter (FT) dan flow controller (FC)	Periksa NPSH; bersihkan strainer; ganti impeller bila aus; pasang pompa cadangan
3	P-202 (Pompa 2)	Memompa larutan <i>brine</i> dari dissolver ke absorber	High pressure discharge	Penyumbatan pada pipa discharge atau valve tertutup	Pompa overload, risiko kebocoran pipa	Pressure indicator (PI) dan pressure relief valve	Pasang pressure relief valve pada discharge; inspeksi pipa dan valve secara rutin
4	P-301 (Pompa 4)	Memompa filtrat dari Rotary Drum Vacuum Filter ke evaporator	Less flow	Penyumbatan akibat kristal NaHCO_3 dalam filtrat	Penurunan laju evaporasi, efisiensi proses menurun	Flow transmitter (FT)	Pasang filter/strainer sebelum pompa; flush secara berkala dengan air panas

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
5	K-401 (Compressor)	Mengompresi gas CO ₂ yang akan direcycle ke absorber	Low discharge pressure	Kebocoran pada seal kompresor, katup buang rusak	Tekanan CO ₂ di absorber tidak mencukupi, efisiensi absorpsi menurun	Pressure transmitter (PT) dan pressure controller (PC)	Inspeksi seal dan katup kompresor secara berkala; monitor arus motor
6	K-401 (Compressor)	Mengompresi gas CO ₂ yang akan direcycle ke absorber	High temperature discharge	Pendingin inter-cooler tersumbat atau coolant tidak memadai	Overheating kompresor, kerusakan seal dan bearing	Temperature indicator dan high-temperature alarm	Bersihkan inter-cooler secara rutin; periksa aliran cooling water
7	SC-401/SC-402 (Cooling Conveyor)	Mendinginkan produk padatan (Na ₂ CO ₃ dan NH ₄ Cl) setelah pengolahan	Insufficient cooling	Aliran cooling water tidak mencukupi; fouling pada penukar panas conveyor	Produk terlalu panas untuk dikemas, degradasi kualitas produk	Temperature indicator pada outlet produk	Periksa dan bersihkan sistem cooling water secara berkala; kalibrasi flow cooling water

Referensi : Mihalache, A. (2015). The Dependability Control Analysis Applied to Centrifugal Pompas in a Oil Petrochemical Plant. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/291334094> The dependability control analysis Applied to centrifugal Pompas in a oil petrochemical plant

6.4 Analisa Troubleshooting pada Unit Penukar Pana

Tabel 6.4 Analisa Troubleshooting pada Unit Penukar Panas

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
1	E-203 (Cooler 2)	Mendinginkan aliran sebelum proses selanjutnya (T = 30°C)	High outlet temperature	Fouling pada shell-and-tube; aliran cooling water kurang	Kondisi proses berikutnya tidak optimal	Temperature indicator, cooling water flow meter	Lakukan inspeksi dan pembersihan fouling; tingkatkan aliran cooling water
2	E-302 (Cooler 3)	Mendinginkan aliran setelah separator (T = 30°C)	Temperature deviation	Variasi suhu cooling water supply; fouling	Produk kristal NH ₄ Cl tidak terbentuk sempurna	Temperature controller (TC)	Monitor suhu cooling water supply; jadwalkan pembersihan rutin
3	E-301 (Heater)	Memanaskan aliran sebelum evaporator (T = 128°C, P = 4 atm)	Low heating	Steam pressure tidak mencukupi; fouling berat	Evaporasi tidak optimal, produk tidak memenuhi spesifikasi	Steam flow meter, pressure indicator	Periksa steam supply; lakukan hydro-jetting bila fouling berat
4	E-306 (Cooler 7)	Mendinginkan aliran setelah evaporator	No cooling	Kegagalan sistem cooling water;	Produk memasuki tahap berikutnya	Temperature alarm, cooling water pressure indicator	Pasang pompa cooling water cadangan; pasang

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
				pompa cooling water mati	dengan suhu terlalu tinggi		interlock shutdown bila cooling gagal
5	E-401 (Cooler 8)	Mendinginkan aliran produk NH ₄ Cl sebelum ke tangki penyimpanan	High outlet temperature	Fouling pada heat exchanger; laju cooling water rendah	NH ₄ Cl disimpan pada suhu terlalu tinggi, risiko degradasi	Temperature indicator dan alarm	Bersihkan heat exchanger secara berkala; pastikan aliran cooling water optimal
6	E-306 (Cooler 7)	Mendinginkan aliran setelah separator kedua	Leakage (tube rupture)	Korosi atau erosi pada tube akibat fluida korosif	Kontaminasi silang antar aliran proses	Pressure differential monitoring antar shell dan tube side	Gunakan material tube yang tahan korosi (SS316L); lakukan hydrostatic test berkala

Referensi : Mocellin, P. et al. (2022). Experimental Methods in Chemical Engineering: Hazard and Operability Analysis—HAZOP. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 100, 3450–3469. <https://doi.org/10.1002/cjce.24520>

6.5 Analisa Troubleshooting pada Unit Reaksi

Tabel 6.5 Analisa Troubleshooting pada Unit Reaksi

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
1	R-201 (Absorber)	Reaktor absorpsi: NaCl + NH ₃ + CO ₂ + H ₂ O → NaHCO ₃ + NH ₄ Cl pada T=45°C, P=4 atm	Low conversion / Less product	Konsentrasi NH ₃ atau CO ₂ kurang; suhu terlalu tinggi atau rendah; maldistribusi gas	Yield NaHCO ₃ rendah, produk tidak memenuhi spesifikasi	Flow transmitter NH ₃ dan CO ₂ (FT/FC), temperature indicator, pressure controller (PC)	Optimalkan laju alir NH ₃ dan CO ₂ dengan ratio control; periksa kondisi distributor gas; kendalikan suhu operasi
2	R-201 (Absorber)	Reaktor absorpsi: NaCl + NH ₃ + CO ₂ + H ₂ O → NaHCO ₃ + NH ₄ Cl pada T=45°C, P=4 atm	High pressure	Penyumbatan pada outlet absorber; laju gas masuk terlalu tinggi	Risiko overpressure, bocoran gas NH ₃ ke lingkungan	Pressure transmitter (PT) dan pressure controller (PC), PRV	Periksa dan bersihkan outlet secara berkala; pasang pressure relief valve yang dikalibrasi

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
3	R-201 (Absorber)	Reaktor absorpsi: NaCl + NH ₃ + CO ₂ + H ₂ O → NaHCO ₃ + NH ₄ Cl pada T=45°C, P=4 atm	High temperature	Reaksi eksotermik tidak terkendali; cooling water tidak mencukupi	Penurunan selektivitas produk; dekomposisi NaHCO ₃	Temperature controller dengan cooling water valve (TC/CW)	Pastikan aliran cooling water memadai; kalibrasi TC secara rutin
4	R-201 (Absorber)	Reaktor absorpsi: NaCl + NH ₃ + CO ₂ + H ₂ O → NaHCO ₃ + NH ₄ Cl pada T=45°C, P=4 atm	Flooding	Laju cairan terlalu tinggi terhadap kapasitas kolom; maldistribusi aliran	Pressure drop berlebihan, efisiensi absorpsi turun drastis	Differential pressure indicator (DPI)	Kendalikan laju umpan cairan; periksa kondisi packing atau tray absorber
5	R-203 (Reaktor)	Kalsinasi NaHCO ₃ menjadi	Low conversion	Suhu Reaktor Screw Kalsiner tidak mencukupi;	NaHCO ₃ tidak terkonversi sempurna menjadi	Temperature indicator dan controller pada	Periksa sistem pemanas Reaktor Screw Kalsiner;

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
	Screw Kalsiner)	Na ₂ CO ₃ pada T=200°C: 2NaHCO ₃ → Na ₂ CO ₃ + H ₂ O + CO ₂		distribusi panas tidak merata; residence time kurang	Na ₂ CO ₃ (soda ash), kualitas produk rendah	Reaktor Screw Kalsiner (TC)	pastikan distribusi panas merata; optimalkan laju umpan
6	R-203 (Reaktor Screw Kalsiner)	Kalsinasi NaHCO ₃ menjadi Na ₂ CO ₃ pada T=200°C: 2NaHCO ₃ → Na ₂ CO ₃ + H ₂ O + CO ₂	High temperature	Kontrol suhu Reaktor Screw Kalsiner gagal; overheating elemen pemanas	Degradasi produk Na ₂ CO ₃ ; kerusakan material Reaktor Screw Kalsiner; bahaya kebakaran	High-temperature alarm dan safety interlock	Kalibrasi thermocouple dan TC secara berkala; pasang over-temperature safety interlock
7	R-203 (Reaktor Screw Kalsiner)	Kalsinasi NaHCO ₃ menjadi Na ₂ CO ₃ pada T=200°C: 2NaHCO ₃ →	Plugging / Blockage	Penggumpalan NaHCO ₃ di dalam Reaktor Screw Kalsiner	Penghentian proses mendadak; kerusakan mekanik Reaktor Screw Kalsiner	Vibration monitor, differential pressure indicator	Lakukan pigging atau pembersihan rutin; gunakan distributor umpan yang optimal

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
		$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $+ \text{CO}_2$					

Referensi : Parapat, R.Y. et al. (2025). Integrasi Metodologi HAZOP dalam Pengendalian Risiko dan Keberlanjutan Operasional pada Unit Pemulihan Urea. NJOHS (Universitas Indonesia). <https://scholarhub.ui.ac.id/njohs/vol7/iss1/2/>

6.6 Analisa Troubleshooting pada Unit Pemisah dan Purifikasi

Tabel 6.6 Analisa Troubleshooting pada Unit Pemisah dan Purifikasi

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
1	S-302 (Separator)	Memisahkan gas (NH_3 , CO_2 , N_2) dari slurry NaHCO_3	Insufficient separation	Kecepatan gas terlalu tinggi; carry-over cairan ke aliran gas	Kontaminasi gas recycle dengan cairan; menyebabkan masalah pada kompresor	Pressure differential indicator; level controller (LC)	Kendalikan laju aliran gas; periksa demister pad dan ganti bila tersumbat
2	S-302 (Separator)	Memisahkan gas (NH_3 , CO_2 , N_2) dari slurry NaHCO_3	High liquid level	Laju pemisahan rendah; outlet cairan tersumbat	Cairan meluap ke aliran gas, kerusakan kompresor downstream	Level transmitter dan level controller (LT/LC), high- level alarm	Bersihkan outlet cairan; kalibrasi level controller; pasang interlock high-level

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
3	S-301 (Rotary Drum Vacuum Filter)	Memisahkan padatan NaHCO_3 dari filtrat (larutan NH_4Cl)	Low filtration efficiency	Filter cloth tersumbat (blinding); kecepatan rotasi terlalu tinggi atau rendah	Kadar air padatan tinggi; filtrat mengandung terlalu banyak padatan	Differential pressure across filter, moisture analyzer	Ganti filter cloth secara berkala; optimalkan kecepatan rotasi dan vacuum pressure
4	S-301 (Rotary Drum Vacuum Filter)	Memisahkan padatan NaHCO_3 dari filtrat (larutan NH_4Cl)	Mechanical failure (cloth tearing)	Tekanan operasi berlebih; material kasar merusak cloth	Padatan NaHCO_3 lolos ke filtrat, kehilangan produk	Differential pressure alarm	Gunakan filter cloth material yang sesuai; kendalikan tekanan operasi; inspeksi rutin
5	EV-301 (Evaporator)	Mengkonsentrasikan larutan NH_4Cl untuk proses kristalisasi	Low evaporation rate	Steam pressure rendah; fouling tebal pada heat transfer surface	Konsentrasi NH_4Cl tidak tercapai, kristalisasi tidak optimal	Steam flow meter; temperature indicator; heat transfer monitoring	Periksa steam supply; lakukan chemical cleaning atau hydro-jetting secara berkala
6	EV-301 (Evaporator)	Mengkonsentrasikan larutan NH_4Cl untuk proses kristalisasi	Foaming / Entrainment	Konsentrasi zat terlarut terlalu tinggi; adanya	Kehilangan produk bersama	Level controller; entrainment separator	Kendalikan level cairan; tambahkan anti-foaming agent

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
				surfaktan kontaminan	uap; kontaminasi kondensate		jika diperlukan; periksa sumber kontaminan
7	CR-301 (Crystallizer)	Mengkristalkan NH ₄ Cl dari larutan yang telah dievaporasi (T=30°C)	Poor crystal formation	Pendinginan terlalu cepat atau terlalu lambat; seed crystal tidak memadai	Kristal NH ₄ Cl berukuran kecil dan tidak seragam, sulit difiltrasi	Temperature controller (TC); crystal size analyzer	Optimalkan laju pendinginan; gunakan seed crystal yang sesuai; kendalikan suhu secara presisi
8	CR-301 (Crystallizer)	Mengkristalkan NH ₄ Cl dari larutan yang telah dievaporasi (T=30°C)	Scaling / Fouling	Supersaturasi berlebih; pendinginan tidak merata di dinding crystallizer	Penyumbatan crystallizer, penurunan kapasitas, penurunan kualitas kristal	Differential pressure monitoring; temperature profile monitoring	Lakukan scraping dinding secara berkala; optimalkan mixing dan pendinginan
9	CF-301 (Centrifuge)	Memisahkan kristal NH ₄ Cl dari mother liquor secara sentrifugasi	Imbalance / Vibration	Distribusi umpan tidak merata; bearing aus	Kerusakan mekanik centrifuge;	Vibration monitor dan alarm	Kendalikan laju dan distribusi umpan; ganti bearing sesuai

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>Recommendation</i>
					downtime produksi		jadwal; lakukan balancing rutin
10	CF-301 (Centrifuge)	Memisahkan kristal NH ₄ Cl dari mother liquor secara sentrifugasi	High moisture content in cake	Kecepatan rotasi terlalu rendah; waktu sentrifugasi tidak cukup	Kualitas produk NH ₄ Cl tidak memenuhi spesifikasi kadar air	Moisture analyzer pada produk	Tingkatkan kecepatan rotasi centrifuge; perpanjang waktu operasi; optimalkan washing
11	F-401/F-402 (Tangki Produk)	Penyimpanan produk akhir Na ₂ CO ₃ (C-1) dan NH ₄ Cl (C-2)	Contamination	Cross- contamination antar aliran produk; kebocoran seal atau valve	Produk tidak memenuhi spesifikasi kemurnian	Sampling dan analisis produk secara berkala	Pastikan isolasi yang baik antar tangki; lakukan inspeksi valve dan seal secara rutin; quality control ketat

Referensi : Muthukumar, K. & Suman, M. (2018). HAZOP Analysis of Fertilizer Industry Including Reactor, Crystallizer and Dryer. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 7(4S). <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v7i4s/E2048017519.pdf>