

MENGATASI PERMASALAHAN *SYNTHESIS GAS PURIFIER* AKIBAT *FOULING* OLEH *MIGRASI DEBU MOLECULAR SIEVE DRYER (109DA)*

Bistok Benry Alam Silalahi^{1*}, Faizal Safa² dan Arie Putra Usman³

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI), Universitas Sriwijaya, Palembang

² Ketua BKTII PII 2021-2024

³ Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya

Corresponding author: bistokbenryalam@gmail.com

ABSTRAK: PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang (PSP) didirikan pada tahun 1959 sebagai perusahaan pupuk pertama di Indonesia. Pabrik terbaru dan berkapasitas terbesar di Pupuk Sriwidjaja Palembang adalah Pusri-IIB yang menggunakan teknologi KBR Purifier untuk Pabrik Amoniak dan Toyo ACES 21 untuk Pabrik Urea. Teknologi purifier memiliki unit dryer berisi molecular sieve yang terpasang sebelum purifier untuk menghilangkan kandungan air dalam synthesis gas. Saat penggantian molecular sieve pada unit dryer, pasti terdapat sedikit debu dari molecular sieve yang baru. Namun setelah penggantian molecular sieve tersebut, terjadi kondisi upnormal akibat banyaknya debu yang terbawa dari dryer. Debu yang berlebihan tersebut menghalangi filter dan mengotori alat penukar panas pada purifier. Masalahnya dapat diidentifikasi dari kondisi operasi di purifier yang semakin menurun. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan perlakuan/metode khusus untuk menghilangkan debu dan air di dalam purifier tersebut. Setelah dilakukan perbaikan kinerja purifier kembali normal dan pabrik dapat beroperasi pada rate optimum 105%.

Kata Kunci: Amoniak, Purifier, Dryer, Fouling, Debu

ABSTRACT: PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang (PSP) was established in 1959 as the first fertilizer company in Indonesia. The latest and the biggest capacity plant in PSP is Pusri-IIB that adopting the KBR Purifier technology for the Ammonia Plant and Toyo ACES 21 for the Urea Plant. Purifier technology using dryer in the upstream of purifier to remove moisture contain in synthesis gas. When desiccant is replaced, we should expect a little bit of dust. However, after the replacement of the molecular sieve, an upnormal condition occurred due to the large amount of dust carried from the dryer. The excessive dust blocked the filter and dirty the heat exchanger in the purifier. The problem can be identified from the decreasing operating conditions in the purifier. To overcome this problem, special treatment/method is needed to remove dust and water in the purifier. After the repair, the purifier performance back to normal and the plant was able to operate at an optimum rate of 105%.

Keywords: Ammonia, Purifier, Dryer, Fouling, Dust

PENDAHULUAN

Pupuk Sriwidjaja Palembang (PSP) didirikan pada tahun 1959 sebagai perusahaan pupuk pertama di Indonesia. Di Kota Palembang, Sumatera Selatan, PSP memiliki empat pabrik amoniak dan empat pabrik urea yang didukung oleh pabrik utilitas, *Steam Turbine Generator*, dan *Coal Boiler (STG-BB)*. Pabrik terbaru dan berkapasitas terbesar di PSP adalah pabrik P-IIB, dengan teknologi KBR Purifier untuk Pabrik Amoniak dan Toyo ACES 21 untuk Pabrik Urea. Pabrik Amoniak ini dirancang dengan kapasitas produksi mencapai 2.160

Ton per hari dan rasio konsumsi energi terhadap produksi sebesar 31,49 MMBTU/Ton Amoniak.

Teknologi *KBR Purifier* beroperasi pada temperatur *cryogenic* untuk mengatur rasio Hidrogen dan Nitrogen sebelum diproses menjadi amoniak. Untuk menghilangkan kandungan air sebelum menuju proses di *purifier*, terdapat *molecular sieve dryer (109 DA/DB)* yang dilengkapi filter (154 LA/LB). *Molecular sieve dryer* melindungi *Purifier* dengan menghilangkan air, terdiri dari butiran *zeolit* yang rentan terhadap debu dan memungkinkan terbawa ke dalam *purifier*. Hal ini sangat berpengaruh pada pertukaran panas di *purifier* yang menentukan kinerja *purifier*.

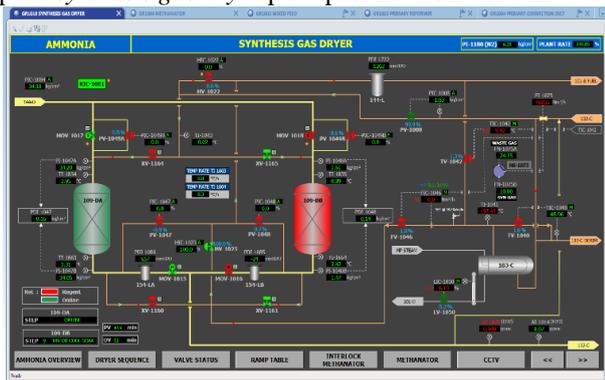
Tulisan ini menjelaskan apa yang terjadi ketika terjadi kegagalan saat penggantian *molecular sieve dryer* dan kerusakan filter yang berakibat terjadinya migrasi debu ke dalam *purifier* yang menurunkan performa pertukaran panas di *purifier* serta bagaimana menangani pengotor tersebut agar *purifier* bisa normal kembali.

Deskripsi Proses

Molecular Sieve Dryer

Synthesis gas dari *methanator* didinginkan hingga suhu 4°C dalam *chiller ammonia* 130-C. Air yang terkondensasi dipisahkan dalam *knockout drum*, 144-D, gas dingin kemudian dialirkan ke *molecular sieve dryer*, 109-DA/DB, masing-masing berisi pengering butiran zeolit. Kandungan air keluaran dari dryer adalah <1,0 ppmv.

Masing masing *dryer* memiliki alat penyaring (154-LA/LB) yang berfungsi untuk menangkap debu yang terbawa dari *dryer* supaya tidak masuk dan mengganggu proses pendinginan di *purifier*. Berikut gambar proses pada *synthesis gas dryer* pada pabrik amoniak P-IIB.



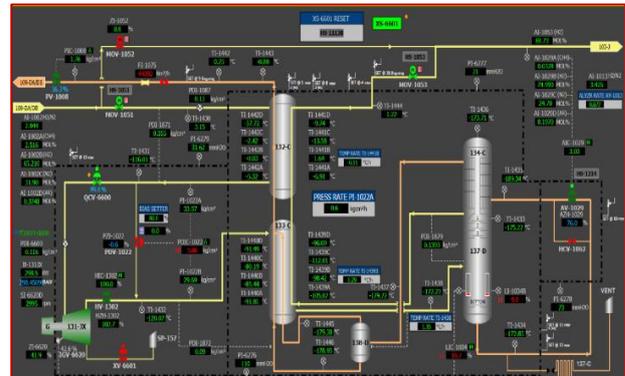
Gambar 1 *Synthesis Gas Dryer* 109 DA/DB

Synthesis gas Purifier

Synthesis gas purifier terdiri dari *coldbox* yang berisi *fin heat exchanger* untuk mendinginkan gas dan memisahkan Nitrogen dan Metana dari *synthesis gas* berdasarkan perbedaan *dew point* untuk mendapatkan rasio *synthesis gas* H/N sebesar 3:1. Gas pendingin berasal dari *liquid* yang terbentuk pada *purifier* yang diturunkan tekanannya kemudian mendinginkan gas umpan sebelum digunakan sebagai bahan bakar. Proses *Purifier* pada Pabrik amoniak P-IIB terlihat pada Gambar 2.

Pada operasi normal, aliran *synthesis gas* dari *methanator* didinginkan di 132-C sebelum diturunkan tekanannya di *synthesis gas expander* (131-JX). Sebagian gas dialirkan melalui *bypass expander* (PDV-1022) untuk mengatur perbedaan tekanan dan level pada *purifier*. Untuk membentuk level, jumlah gas yang dialirkan ke *expander* akan lebih besar sedangkan untuk mengurangi

level, gas akan dialirkan melalui PDV-1022. Rasio H/N diatur oleh AV-1029 dengan cara mengatur jumlah gas pendingin yang berasal dari *liquid* (CH₄, N₂) di dalam *purifier*.



Gambar 2. *Synthesis Gas Purifier*

Permasalahan

Penyebab Masalah

Tanggal 2 Juni 2019, Pabrik Amoniak P-IIB beroperasi pada *rate* gas 105% dan *rate* produksi 108%. Pada saat regenerasi, *step depressurize dryer* 109-DA tertahan pada tekanan 7,7 Kg/cm²G dimana normalnya pada *step* ini tekanan *dryer* akan turun sampai dengan < 0,5 kg/cm²G sebelum gas regenerasi untuk *step heating* masuk ke vessel. *Step depressurize* kemudian dibantu dengan membuka 4 buah line vent & drain menuju *cold vent* dan *safe area* untuk menurunkan tekanan agar proses regenerasi dapat dilanjutkan ke *step* berikutnya. Analisa awal, hal ini disebabkan oleh adanya sumbatan debu *molecular sieve* atau alumina ball di internal control valve PV-1047 (*valve depressurize* 109-DA).

Tanggal 8 Agustus 2019, *dryer* yang sebelumnya beroperasi dengan baik, kembali mengalami gangguan operasional. Gangguan pertama terjadi pada saat 109-DB regenerasi di *step heating*. Temperatur *bottom bed dryer* 109-DB sudah mencapai 240°C namun butuh waktu lebih dari 4 jam supaya suhu *top bed dryer* dapat naik sampai lebih dari 50°C. Hal yang sama juga terjadi pada 109-DA.

Gangguan kedua terjadi ketika 109-DA *step cooling*. Terjadi tahanan yang cukup besar sehingga PDI-1047 naik sampai 0,57 Kg/cm²G dari nilai normalnya 0,18 Kg/cm²G. Hal ini mengindikasikan adanya buntuan pada *line nozzle outlet* 109-DA. Kondisi ini menyebabkan 109-DA tidak bisa lanjut *online* karena PDI vessel sudah telalu tinggi. Status saat itu *dryer* beroperasi parallel dengan *outlet* 109-DB.

Pada tanggal 17 Agustus 2019, direncanakan untuk melakukan penggantian *molecular sieve dryer* di kedua *dryer* 109-DA/DB. Namun dari hasil inspeksi, hanya ditemukan alumina ball leakage pada 109-DA karena

rusaknya *strainer nozzle outlet collector* sehingga *molecular sieve* yang diganti hanya 109-DA.

Persiapan untuk perbaikan dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2019. Rangkaian kegiatan perbaikan dan *cleaning* mulai dikerjakan tanggal 17 Agustus – 24 Agustus 2019. Selama perbaikan, dilakukan *unloading* alumina ball bagian atas dan bawah serta *molecular sieve* 109-DA. *Unloading molecular sieve* yang terjebak di *outlet collector* juga dilakukan dengan menggunakan *vacuum*. Alumina ball dan *molecular sieve* kemudian di *screening* untuk memisahkan partikel yang masih *on size* dan *under size*. Dari hasil *unloading* 109-DA, terdapat 8 *wiremesh* yang rusak/sobek pada *bottom outlet collector* dan beberapa *wiremesh* yang rusak ringan.

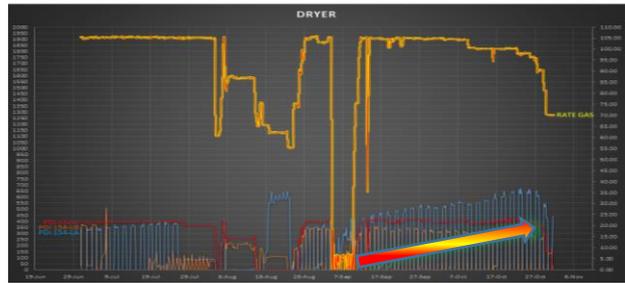


Gambar 3 Wiremesh rusak dan Alumina Ball yg lolos

Proses *dedusting molecular sieve* juga dilakukan untuk membersihkan debu – debu yang terbentuk. Tahap *dedusting* ini biasanya dilakukan di dalam vessel ketika *molecular sieve* sudah di *loading* sebelum *start online*. Namun pada kasus ini, *dedusting* dilakukan di luar vessel agar kegiatan inspeksi maupun perbaikan dapat dilakukan secara paralel untuk menghemat waktu, sehingga *dryer* 109-DA dapat segera beroperasi kembali. *Dryer* 109-DA kembali *online* dan produksi amoniak *start* kembali pada tanggal 25 Agustus 2019 dengan rate gas 105%.

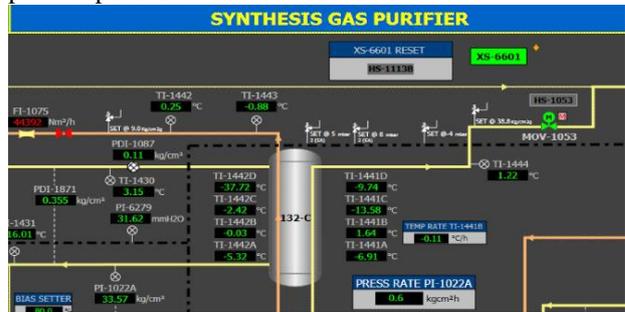
Dampak Masalah

Permasalahan kondisi operasional *purifier* terjadi pada bulan Oktober 2019 setelah penggantian *molecular sieve dryer* 109-DA yang diikuti oleh indikasi kenaikan *pressure drop* filter 154-LA. Kenaikan *trend* PDI pada 154-LA mengindikasikan terjadi migrasi debu dari 109-DA yang terikut oleh *synthesis gas* menuju *purifier*. *Trend* kenaikan *pressure drop* pada filter 154-LA dapat terlihat pada grafik sebagai berikut.



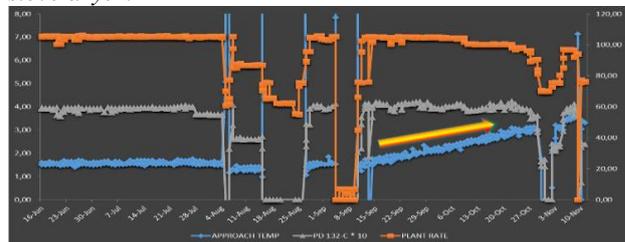
Gambar 4 Trend pressure drop 154-LA

Pada grafik diatas terlihat bahwa, *trend* PDI 154-LA mengalami kenaikan dibandingkan PDI 154-LB yang cenderung stabil. *Pressure drop* 154-LA mengalami kenaikan dari 350 mmH₂O menjadi 650 mmH₂O pada bulan Oktober 2019. Dari segi operasional *purifier*, terjadi kenaikan *approach temperature* 132-C yang menunjukkan efektifitas pertukaran panas pada *purifier*. *Approach temperature* adalah selisih nilai temperatur gas umpan dan *outlet gas* pendingin. Berikut kondisi operasi *purifier* pada Oktober 2019.



Gambar 5 Kondisi operasi 132-C Oktober 2019

Pada bulan Oktober 2019 *approach temperature* mencapai 3,2°C, dimana secara *design* dan normal operasi berkisar 0,8-1,2°C. Hal ini mengindikasikan pertukaran panas tidak berlangsung optimal dan berdampak pada operasional *purifier* untuk mendapatkan *liquid* CH₄ dan N₂. Kenaikan *approach temperature* beriringan dengan kenaikan PDI 154-LA setelah penggantian *molecular sieve dryer*.

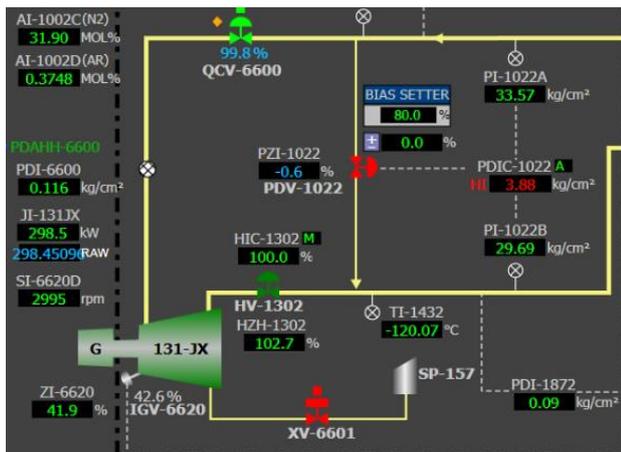


Gambar 6 Grafik trend kenaikan approach temperature 132-C

Beberapa kemungkinan penyebab kenaikan *approach temperature* 132-C akibat *fouling* pada *Plate-Fin Heat Exchanger (132-C) Purifier* (M.A Holderman), antara lain:

- Air : lolosnya air masuk ke sistem *purifier* akan menyebabkan *fouling* karena membekunya air pada *cold surfaces Plate HE*.
- CO₂ : ada kemungkinan tidak semua CO₂ di *Methanator Effluent* diserap oleh *Molecular Sieve Dryer* (109-DA/DB). Jika hal ini terjadi, terdapat indikasi kadar CO₂ yang tinggi di aliran *Methanator Effluent*.
- Debu *Molecular Sieve* : selama beroperasi debu *molecular sieve* yang terlalu banyak akan menyebabkan *Molecular Sieve Dryer Filter* (154-DA/DB) mengalami *overload*, sehingga debu *molecular sieve* tersebut lolos dan terbawa ke *Plate HE Purifier* (132-C). Debu yang lolos akan membentuk deposit dan menyebabkan terjadinya *fouling*.

Indikasi terjadinya *fouling* pada *Plate HE Purifier* baik yang disebabkan oleh air, CO₂, maupun debu *molecular sieve* terlihat dari kenaikan *pressure drop* di *Purifier Expander* (131-JX). Kenaikan ini untuk mempertahankan level cairan di *bottom Purifier Rectifier Column* (137-D).



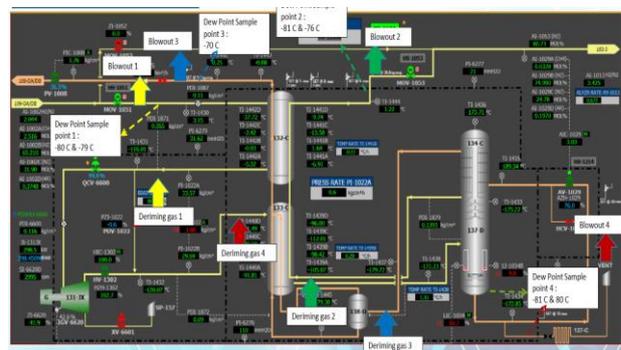
Gambar 7. PDIC 1022 3,88 kg/cm²

Level cairan di 137-D berperan penting dalam menjaga rasio H/N dengan mengontrol konsentrasi H₂ di *Make-up Synthesis Gas*. Konsentrasi H₂ diatur dengan bukaan dari valve AV-1029. Bukaan AV-1029 yang semakin besar meningkatkan laju alir cairan dari 137-D, yang mana akan meningkatkan beban panas di 134-C. Naiknya beban panas di 134-C akan mengondensasikan semakin banyak N₂ dari *Make-up Synthesis Gas*, sehingga meningkatkan konsentrasi H₂. Begitu pula sebaliknya untuk menurunkan konsentrasi H₂ dengan memperkecil bukaan AV-1029.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Purifier Deriming

Kemungkinan pertama yang menyebabkan penurunan performa *purifier* adalah air yang melapisi permukaan *heat exchanger* 132-C selama 7 hari saat proses penggantian *molecular sieve dryer* 109-DA. Proses penyerapan air dilakukan di 109-DB tanpa proses regenerasi dimana normalnya regenerasi dilakukan setiap 24 jam. Sehingga ada kemungkinan 109-DB jenuh dan air pada *synthesis gas* terbawa menuju *purifier*. Proses untuk menghilangkan air pada permukaan *heat exchanger* 132-C disebut proses *deriming*. *Deriming* dilakukan dengan parameter gas *deriming* mencapai *dew point* pada temperatur -65 °C. Gas *deriming* yang digunakan adalah Nitrogen. Skema *deriming* dan pengukuran *dew point* pada *purifier* terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema *deriming purifier*

Hasil pengukuran *dew point* gas *deriming* pada *blow out* dan *sample point* adalah sebagai berikut (Tabel 1) :

Tabel 1. Hasil Pengukuran *Dew Point*

Lokasi Pengukuran	Hasil Pengukuran
Sample Point 1	-80 °C
Sample Point 2	-81 °C
Sample Point 3	-70 °C
Sample Point 4	-81 °C

Dari tabel 1 diatas, terlihat bahwa *dew point* gas *deriming* menunjukkan hasil <-65 °C yang menggambarkan bahwa kandungan air pada gas tersebut <1 ppm. Setelah dilakukan *deriming*, kinerja *purifier* tidak menunjukkan perbaikan secara signifikan, total pertukaran panas pada 132-C dan 133-C dapat dilihat pada tabel di bawah. Berikut hasil perhitungan pertukaran panas sebelum dan setelah *deriming* (Tabel 2).

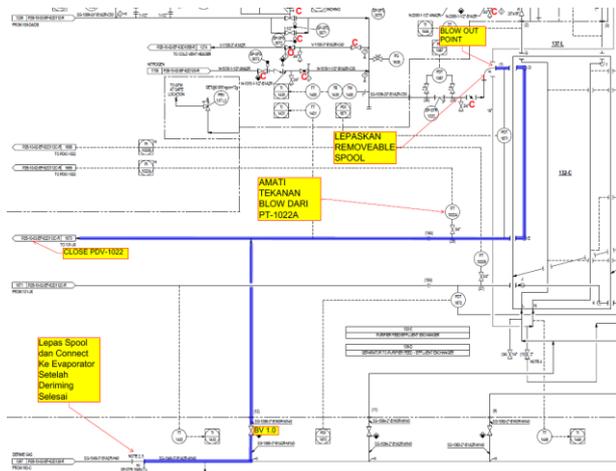
Tabel 2. Hasil Pertukaran Panas

RATE	Kondisi	132-C1				132-C2		
		TI-1430	TI-1443&1444	AVG	Apprc T	Duty (Gcal/h)	Duty (Gcal/h)	Vap Frac
100	Disain	4	1,8 1,8	1,8	2,2	12,69	0,5082	0,9442
105	Oct-18	3,05	1,83 1,24	1,535	1,515	13,35	0,5386	0,9399
90	sebelum deriming, 28 Oct 19	3,15	-0,88 1,22	0,17	2,98	10,15	0,5332	0,9663
96	setelah deriming	3,29	-1,38 0,57	-0,405	3,695	11,7	0,5082	0,9509

Dari tabel 2 di atas terlihat bahwa performa *purifier* tidak menunjukkan perbaikan yang signifikan.

Purifier Back Blowing

Kemungkinan kedua penyebab *fouling* pada 132-C bersumber dari *carry over* debu *molecular sieve dryer* 109-DA yang terlihat pada kenaikan *pressure drop* pada filter 154-LA. Proses menghilangkan debu pada *purifier* dilakukan dengan metode *back blowing*. Berikut skema *back blowing* pada 132-C *purifier* (Gambar 9).



Gambar 9 Skema *back blowing purifier*



Gambar 10 *Blow out Point back blowing purifier*

Tahap-tahap *back blowing* yang akan dilakukan terlihat pada tabel 3.

Tabel 3 Prosedur *back blowing*

No	Deskripsi	Durasi (jam)
1	<i>Purifier</i> Selesai <i>Deriming & Purging</i>	--
2	Lepas <i>Removeable Spool</i> di Line SG-1009-20"-B1A2R-C50	8
3	Lepas <i>Removeable Spool</i> di Line SG-1049-3"-B1A2R-A40 dan <i>Connect</i> ke <i>Evaporator</i>	4
4	<i>Back Blowing</i> *Lakukan <i>Back blowing</i> dengan menggunakan Nitrogen secara bertahap pada tekanan 1.5 s.d 3 kg/cm ² G **Lakukan pengaturan jumlah plat aluminium untuk mendapatkan tekanan yang diinginkan ***amati kenaikan pressure di PT-1022A ****jika tekanan sudah tercapai namun belum pecah, depress dan perbaiki pemasangan plat aluminium	48
4	Amati debu yang keluar dari <i>Purifier</i> & cek secara berkala di line SG-1009-20"-B1A2R-C50 jika sudah selesai blow	2
5	Selesai <i>back blowing</i> : Pasang kembali RS di line SG-1009-20"-B1A2R-C50 & SG-1049-3"-B1A2R-A40	2
6	Re start Up	12

Saat dilakukan *back blowing*, debu pada *purifier* keluar melalui *blow out point* yang ditutup oleh *target plate* yang pecah pada tekanan 2-3 atm. Berikut kondisi debu saat dilakukan *back blowing purifier* :



Gambar 11 Kondisi debu *Blow out Point back blowing*

Dari gambar di atas terlihat bahwa terdapat debu yang menyebabkan *fouling* pada heat exchanger 132-C. *Fouling* pada permukaan *exchanger* akan menurunkan

laju perpindahan panas yang menyebabkan total panas yang dapat ditukarkan menurun.

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d \quad (1)$$

$$U_d < U_c \quad (2)$$

$$Q = U_d \cdot A \cdot \text{LMTD} \quad (3)$$

U_c : Overall heat transfer clean, kcal/m²c

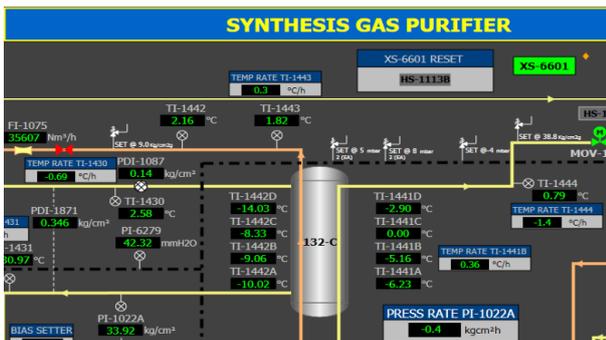
U_d : Overall heat transfer dirty, kcal/m²c

A : area heat transfer , m²

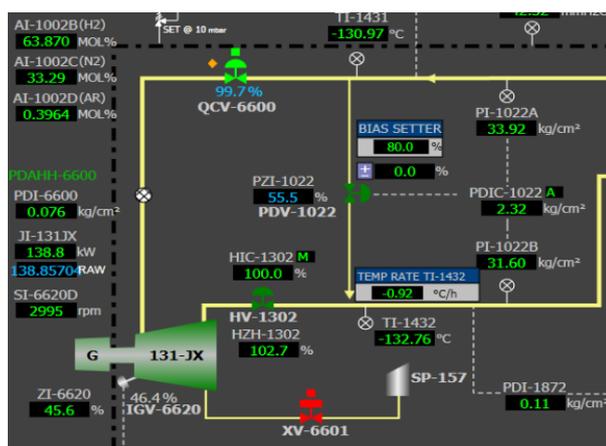
LMTD : log mean temperature difference, c

R_d : dirty factor

Dari persamaan di atas dapat terlihat bahwa, dengan adanya *fouling* akan menurunkan *overall heat transfer* yang menyebabkan proses pertukaran panas turun (Donald Q. Kern 1983). Setelah dilakukan *back blowing* dan debu di permukaan area perpindahan panas sudah bersih, proses perpindahan panas di *purifier* membaik dilihat dari *approach temperature* dan operasional *purifier*. Berikut kondisi operasi *purifier* setelah *back blowing* (Gambar 12):



Gambar 12 Kondisi *purifier* November 2019 setelah *back blowing*



Gambar 13 Kondisi *expander* November 2019 setelah *back blowing*

Jika dibandingkan dengan kondisi bulan Oktober 2019, *approach temperature purifier* pada bulan November mengalami perbaikan menjadi 0,7 °C dengan PDIC-1022 (PDI expander 131-JX) 2,32 Kg/cm² dengan

bukaan PDV-1022 sebesar 55,5% dari sebelumnya 3,88 Kg/cm² dengan bukaan PDV-1022 0%. Operasional pabrik amoniak P-IIB dapat kembali normal pada rate optimum 105%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perbaikan yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: 1) Penurunan kinerja *synthesis gas purifier* disebabkan oleh air dan debu yang menutupi permukaan kontak alat penukaran panas, 2) Metode *deriming* digunakan untuk menghilangkan air pada permukaan kontak alat penukaran panas sehingga air yang membeku di alat penukaran panas dapat terbawa oleh gas *deriming*, 3) Pengukuran *dew point* pada gas *deriming* dilakukan untuk memastikan seluruh air pada *purifier* terbuang dengan parameter dew point < -65 °C, 4) Metode *back blowing* digunakan untuk menghilangkan debu yang menempel di permukaan alat penukar panas pada *purifier*, 5) Setelah *deriming* dan *back blowing*, kinerja *purifier* mengalami perbaikan dengan *approach temperature* mencapai 0.7 °C dan pabrik dapat beroperasi optimum pada rate 105%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Pupuk Sriwidjaja Palembang atas kesempatan untuk melakukan kajian dan data-data yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Coulson & Richardson's Chemical Engineering. Vol. 6, Chemical Engineering Design, 4th Ed.
- D.Q Kern. (1983). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Company.
- M.A. Holderman. (2014). *KBR Cryogenic Purifier Operation PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang*.
- Perry (2007). *Chemical Engineer Handbook*