Pengembangan Model Gas Conditioning Unit Dalam Sistem Seal Gas di Kompresor Sentrifugal Man Turbo RB28-5: Studi Kasus Kerusakan Komponen Dry Gas Seal

Riswan Adhitya Saputra

Teknologi Industri, Teknik Sistem, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
E-mail : riswan.adhitya.s@mail.ugm.ac.id

Informasi naskah:

Diterima
30 Desember 2021
Direvisi
16 Januari 2021
Disetujui terbit
15 Februari 2021
Diterbitkan
28 Februari 2021

Abstract

The gas seal supply that enters the dry gas seal must meet the specifications that have been determined based on API 692. However, on reality at the site dry gas seal damage often occurs, one of which is due to contamination from the gas seal supply that will enter the dry gas seal. The sulfur contamination in the corrosive process gas reduces the life and reliability of the dry gas seal. In addition, the selection of a gas conditioning unit model that is not quite right. In this study, to obtain a good quality gas seal supply, development was carried out in the existing gas conditioning unit, upgrade seal gas strainer design using the duplex type and changing the type of strainer, changing the size of the gas filter seal from 0.3 micron to 0.1 micron and the use of coalescing filter, repair seal gas heater and heat tracing installation on the seal gas piping, and finally replacement of seal gas booster components. The research method used is the study of literature from various references and previous studies, collecting data in the field and analyzing the findings using the PROACT method. From the analysis, it can be concluded that the development of the gas conditioning unit model in the gas seal system has a positive impact on the reliability of the dry gas seal in this centrifugal compressor.

Keywords: Dry gas seal, Seal gas supply, Contamination, Seal Gas Conditioning Unit

1. PENDAHULUAN

Penggunaan *dry gas seal* dalam kompresor gas sentrifugal telah meningkat secara dramatis selama dua puluh tahun terakhir, menggantikan *seal oil* yang telah digunakan di sebagian besar aplikasi ²⁰⁻²¹⁾. Lebih dari 80% kompresor gas sentrifugal yang diproduksi

saat ini dilengkapi dengan *dry gas seal*. Fungsi sistem *dry gas seal* sama dengan sistem seal oil yaitu menyuplai fluida bersih ke masing-masing permukaan antara rotating dan stationary seal pada tekanan diferensial, temperatur dan laju aliran yang diperlukan ¹⁹⁾.

Spesifikasi gas yang kering, temperatur dan tekanan yang ditentukan menjadi tuntutan yang wajib dipenuhi baik dari *process gas*, dan sistem pendukung yang kedepannya akan membutuhkan perbaikan berkelanjutan baik dalam desain lingkungan, internal maupun eksternal dari kompresor. Kontaminasi adalah penyebab utama degradasi *dry gas seal* yang menyebabkan keandalan yang berkurang ¹⁴⁾. Pada tahun 2019 terjadi kegagalan dalam sistem sealing kompresor di kedua kompresor dengan penyebab yang hampir sama yaitu komponen *dry gas seal* dengan parameter *primary vent seal leakage* yang tinggi. *Primary vent seal* terletak diantara *secondary seal* dan *primary seal*. *Primary vent line* inilah menjadi salah satu parameter adanya gangguan dari sistem seal gas. Suplai seal gas berasal dari *2nd stage impeller* kompresor yang berasal dari *process gas* itu sendiri. Perubahan kondisi proses gas yang fluktuatif seperti kandungan CO₂ dan H₂S yang tinggi hingga masuknya cairan dari proses dalam gas di tambah *gas treatment* yang kurang maksimal dan sistem filtrasi suplai seal gas yang kurang optimal menjadikan suplai gas yang masuk ke dalam sistem seal gas memiliki kualitas yang kurang baik yang mengakibatkan beberapa komponen dari *dry gas seal* mengalami kerusakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dry gas seal sebagai salah satu komponen yang digunakan pada sentrifugal kompresor sebagai sealing system untuk mencegah produk gas keluar ke atmosfer. Sistem DGS memiliki banyak keunggulan seperti konsumsi daya yang lebih rendah, gesekan yang lebih rendah, keausan dan kebocoran, masa pakai lebih lama, stabilitas sistem rotor yang lebih baik dan keselamatan operasional, dan keandalan yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem segel basah. Hal inilah yang menjadikan *dry gas seal* banyak di gunakan dalam industri minyak dan gas bumi ¹⁾.

A. Kandungan *Process Gas*

Di lapangan migas ini, terdapat sistem injeksi gas dan air untuk menjaga tekanan di *reservoir* ($VRR < 1$). Berat jenis gas, ketika di tekan secara signifikan lebih rendah daripada cairan. Metode *gas-lift* diaplikasikan di sumur dengan menyuntikkan gas ke dalam *casing* untuk meringankan kolom fluida dan mengurangi tekanan *bottomhole* yang mengalir. *Gas-lift* digunakan terus menerus untuk: meningkatkan produksi sumur, dan mendapatkan aliran produk yang stabil. Tentunya metode *gas lift* membutuhkan alat mekanik yaitu gas kompresor untuk menyuntikkan gas ke dalam *reservoir* ⁵⁾. Kompresor yang digunakan adalah *centrifugal compressor multistage* dengan *dry gas seal* sebagai sistem sealing. Komposisi dari kandungan H₂S yang masih tinggi di dalam gas menjadikan

sistem kompresi ini sedikit terganggu. H₂S terjadi secara alami di banyak gas alam sumur, dan diproduksi dalam jumlah besar dalam desulfurisasi stok minyak bumi ³⁻⁵).

Namun jika dalam desulfurisasi tidak bekerja secara efektif maka akan berdampak buruk terhadap sistem-sistem yang lain terutama sistem seal gas yang harus bersih dari kandungan sulfur. Dampak yang akan timbul dalam sistem seal gas terjadinya penyumbatan di suplai gas ke *dry gas seal*, penyumbatan *primary vent seal line orifice* hingga terbentuknya kerak kotoran di *compressor blade*. Berikut sampel kandungan gas yang di produksi sebelum masuk ke inlet gas kompresor.

SAMPLE DESCRIPTION :

Sampling Date	: 22-Oct-2019
Sampling Time	: 17:30
Sampling Location	: CPF Plant
Sample Description	: GAS
Sampling Point	: Gas Inlet GLC 1st Stage A
Sampling Conditions	: 139 Psig @ 57.7 °C

The above sample was tested in accordance with the test method(s) stipulated, with the result(s) as follows :

TEST	METHODS	UNIT	SPECIFICATION	RESULT
Water Content	UOP-213 (Karl Fischer)	Lb/MMscf	Report	235.73
H ₂ S	UOP-9 (Tutwiler)	%Vol	Report	1.29

REMARK :

Gambar 2.1 Kandungan gas di sisi masuk kompresor
Sumber: Analyzed by GPA 2286-14 method

B. Seal Gas Conditioning Unit

Seal gas conditioning unit merupakan sistem pendukung untuk menyediakan suplai seal gas ke *dry gas seal* pada saat perubahan operasi (transient condition) kompresor. Sebelum masuk ke sistem sealing suplai gas tersebut akan di olah agar mendapatkan kualitas *seal gas* yang sesuai spesifikasi API 692 yaitu:

1. Bersih, kering dan suplai *seal gas* yang terus menerus
2. *Particulates* < 3 microns
3. > 36°F (20°C) diatas titik didih
4. Kecepatan aliran suplai *seal gas* 15 ft/sec (5 m/s) diatas proses gas
5. Aliran suplai seal gas yang memadai selama perubahan kondisi

Untuk itu komponen-komponen utama dari *GCU* harus bekerja dengan baik. Berikut komponen utama dari sistem seal gas di *gas lift compressor*

2.1. Seal Gas Strainer

Strainer ini digunakan untuk penghalang pertama menyaring gas sebelum masuk ke *seal gas filter*. Tipe simplex di gunakan dalam strainer ini. Filter memisahkan solid partikel (> 74 micron) dalam gas dengan sistem pemantauan tekanan diferensial mengukur tekanan diferensial antara sisi hisap filter dan sisi keluar filter. Ketika kontaminasi meningkat,

tekanan diferensial di filter juga meningkat dan untuk pergantian unit kompresor harus di matikan.

Gambar 2.2. Seal Gas Strainer

Sumber: Manturbo RB28-5 manual handbook

2.2. Seal Gas Filter

Filter *dupleks* digunakan dalam kasus di mana elemen filter yang kotor harus diganti tanpa mengganggu proses penyaringan (lihat gambar 2.3). *Duplex filter* umumnya dipasang sebagai filter pelindung di aliran utama. Sistem pengaman menggunakan tekanan diferensial dimana mengukur tekanan diferensial antara *inlet filter* dan *outlet filter*. Dengan meningkatnya kekotoran, tekanan diferensial dalam filter juga meningkat

2.3. Seal Gas Booster

Perbedaan tekanan antara *compressor suction* dan *discharge* diperlukan untuk menggerakkan suplai seal gas melalui panel kontrol untuk mensuplai gas ke dalam *dry gas seal*. Selama mode operasi tertentu seperti pada saat *start-up*, *shutdown*, ataupun *transient condition*, kompresor tidak dapat menghasilkan tekanan yang memadai untuk mensuplai *seal gas*. Dalam mode operasi seperti itu *dry gas seal* rentan terkontaminasi dari *process gas* yang mengalir tanpa di filtrasi menuju ke area *sealing* dalam *dry gas seal*. Sistem *seal gas booster* menggunakan gerakan bolak-balik, penggerak udara, *boosting compressor* untuk menaikkan tekanan di *seal gas*. Ketika diperlukan, *Programmable logic control (PLC)* akan mengaktifkan *seal gas booster*. Suplai *seal gas* kemudian dialihkan ke sistem *seal gas booster*. Setelah melewati *intensifier*, gas yang di tambah akan di alirkan menuju ke hulu jalur suplai seal gas dari bagian pengontrol aliran di panel. Ketika kompresor menghasilkan perbedaan tekanan yang cukup untuk pasokan suplai *seal gas* tanpa sistem penguat, *PLC* akan mematikan *seal gas booster*. Suplai *seal gas* akan diteruskan ke jalur yang normal melalui sistem pengontrol *dry gas seal*.

Fig. 5-2 Overview of assembly groups (view)

1 Cover	6 Filter element
2 Auxiliary valve	7 Coupling
3 3-way ball valve	8 Housing
4 Jacking bolt	9 Shift rod
5 Holding plate with strap	10 Element support

Gambar 2.3. Seal gas filter

Sumber: Manturbo RB28-5 manual handbook

2.4. Seal Gas Heater

Seal gas heater di perlukan untuk menaikkan temperatur gas agar menjauhi *dew point*, setelah melewati filtrasi dimana standar temperatur yang ditambahkan pada *heater* adalah antara 100°C sampai 200°C.

Gambar 2.4. Seal gas heater

Sumber: Manturbo RB28-5 manual handbook

3. METODE PENELITIAN

Metode RCA yang akan digunakan adalah dengan studi literatur meningkatkan keandalan dari dry gas seal, mengumpulkan data-data di lapangan mengolah data dari *Process Interface* menggunakan software *XHQ*, hasil temuan dan menganalisa menggunakan *PROACT method* ¹³⁾. Variabel penelitian kali ini adalah korelasi kerusakan dry gas seal terhadap desain konfigurasi gas conditioning unit yang dapat mempengaruhi kualitas dari suplai gas yang masuk ke sistem seal gas. Berikut metode penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini:

1. Mengumpulkan data-data parameter saat kerusakan *dry gas seal* terjadi
2. Membentuk tim untuk menganalisa data
3. Menganalisa data-data yang dikumpulkan

4. Mengkomunikasikan temuan dan memberikan rekomendasi tindakan selanjutnya
5. Melacak dan memonitor data rekomendasi yang sedang berjalan.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kompresor RB28-5 menggunakan tipe dry gas seal gaspac, tandem seal dengan sistem pendukung gas conditioning unit. High pressure kompresor Train A mengalami shutdown dengan parameter primary vent seal leakage high-high 600 Kpa (Alarm: 250 Kpa, Shutdown: 600 Kpa) dan aliran seal gas leakage sebesar 11.8 m³/h (Alarm: 7 m³/h, Shutdown: 12 m³/h)¹⁵⁾.

4.1. Identifikasi penyebab kerusakan dry gas seal

Berikut beberapa penyebab yang telah diidentifikasi menyebabkan kerusakan *pada dry gas seal*:

1. Prosedur saat *start up* dan *shutdown* perlu ditingkatkan untuk mencegah kerusakan pada komponen dalam di kompresor
2. Kurangnya efisiensi filtrasi *dry gas seal* (tidak memenuhi standar API 692)
3. Personel perlu kemampuan lebih dan pengetahuan untuk merespon kondisi atau mengerti tentang respon dari sistem
4. Keterbatasan sumber (terlalu banyak item yang di monitor)
5. Kerusakan struktur packing di sistem dehidrasi yang menyebabkan kandungan air tinggi yang lama hingga hal inilah salah satu yang menyebabkan kerusakan dry gas seal terjadi.

Dari hasil analisa temuan di atas beberapa penyebab yang menjadikan kerusakan *dry gas seal* salah satunya adalah kontaminasi dari suplai gas itu sendiri. Peran *gas conditioning unit* yang efektif diperlukan untuk mencegah terjadinya proses korosif di sistem *dry gas seal*. Hal ini diperparah dengan filtrasi sistem *seal gas* sebagai penghalang terakhir agar mendapatkan suplai *seal gas* yang bersih dan kering tidak sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Untuk menunjang analisa penyebab kerusakan *dry gas seal*, berikut beberapa bukti temuan peneliti dari sistem *sealing* kompresor:

1. Ditemukannya cairan di pembuangan filter dan strainer
2. Efektifitas filter yang terpasang tidak memenuhi standar API 692
3. Lubang orifice yang tertutup serbuk kuning akibat kontaminasi sulfur yang terbentuk
4. Kebanyakan hasil sampel yang diambil terdiri dari unsur Fe, S dan O yang berasal dari sour and sweet corrosion terjadi pada sistem
5. Perubahan kondisi yang dinamis dan transient memberikan dampak terbesar pada sistem
6. Vendor secara independen melakukan analisa yang menunjukkan hasil adanya benda padat mengandung Fe dan sulfur

Sumber temuan	Gambar	Catatan
Seal gas supply port DE Side		Padatan serbuk hitam dan sulfur
Dry gas seal at DE Side		Lubang primary vent seal gas tertutup serbuk hitam dan ditemukan adanya cairan proses gas yang terbawa
Seal gas filter
Seal gas strainer		Serbuk hitam dan cairan berupa crude oil
Suplai seal gas orifice		Elemental sulfur menutupi lubang orifice

Gambar 4.1. Data temuan di sistem *seal gas*

Sumber: Dokumentasi pergantian bundle compressor Agustus 2019

Hasil temuan selanjutnya diverifikasi ke laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat dalam kontaminan untuk selanjutnya di tentukan penyebab utama dari kontaminasi agar solusi yang diberikan tepat sasaran. Berdasarkan hasil laboratorium dari beberapa sampel yang diambil dari hasil temuan dan analisa laboratorium dapat disimpulkan bahwa ada tiga tipe kontaminasi yang ditemukan:

A. Bubuk hitam (*Black Powder*)

Serbuk hitam yang ditemukan di *seal gas strainer*, *seal gas filter*, *dry gas seal*, dan jalur suplai *seal gas* sebelum masuk kompresor suspek berasal dari produk korosi dari jalur pipa downstream sistem dehidrasi sebelum masuk ke kompresor. Kurang efektifnya sistem dehidrasi gas yang menyebabkan masih terdapatnya kandungan air dalam gas yang terdiri dari H_2S dan CO_2 dengan tekanan tinggi bertemu di dalam pipa carbon steel menjadikan terjadinya pelepasan unsur elektron pada Fe yang menghasilkan serbuk hitam dengan unsur carbon dan Fe yang tinggi. Ditambah dengan penghalang terakhir sistem filtrasi yang kurang efektif menjadikan serbuk hitam lolos ke dalam *dry gas seal*

Gambar 4.2. Sour and Sweet Corrosion

Sumber: Sour and sweet corrosion, Manchester 1892

B. Bubuk Sulfur (*Sulfur Powder*)

Bubuk sulfur terbentuk karena proses gas terdiri dari H_2S bereaksi dari oksigen dimana kandungan oksigen terdapat pada sistem N_2 yang digunakan pada *buffer gas* dan *secondary seal gas* dan diduga berasal dari sulfur yang menguap di suplai *seal gas* dikarenakan saat temperatur sistem *seal gas* di bawah dari 110°C.

C. Cairan proses (*Process liquid*)

Kondensasi sepanjang jalur *seal gas* menghasilkan penurunan tekanan atau pada saat *transient condition* menghasilkan gas akan menyentuh ke grafik *dew point* yang membentuk phase liquid terjadi. Tingginya jumlah aliran yang melewati sistem pemisahan di *upstream* kompresor menjadikan cairan proses terbawa oleh gas ke sisi hisap kompresor dan menjadikan suplai *seal gas* yang notabene diambil dari 2nd stage *impeller* masih membawa cairan proses ke sistem suplai *seal gas*.

4.2. Pengembangan Seal Gas Conditioning Unit

Salah satu rekomendasi yang efektif dan efisien adalah dengan memperbaiki sistem dehidrasi gas dan mengembangkan *seal gas conditioning unit*. Pengembangan *seal gas conditioning unit* di lakukan untuk menyediakan suplai *seal gas* yang sesuai spesifikasi dengan menjaga temperatur di sistem *seal gas*, meningkatkan efisiensi sistem filtrasi pada *strainer* dan *filter*, meningkatkan kualitas dari komponen *seal gas booster* untuk mengakomodir tekanan suplai *seal gas* agar kotoran dan cairan proses tidak masuk ke *dry gas seal* terutama pada saat *transient mode*.

4.2.1. Seal Gas Strainer

Seal gas strainer yang terpasang sekarang menggunakan tipe *simplex filter* buatan *Boll and Krich*. *Seal gas strainer* ini di desain untuk menyaring hanya fluida gas. Di bagian bawah filter terdapat katup buang untuk membuang cairan yang tertangkap. *Seal gas strainer* yang digunakan 74 microns untuk menyaring partikel kotoran yang terkandung dalam gas. *Delta pressure* dari *strainer* menunjukkan grafik yang tinggi sebelum terjadinya kegagalan kompresor pada bulan Agustus. Nilainya berkisar di angka 180-200 Kpa (alarm: 250 kpa) dimana normal operasi *strainer* diantara 5-10 Kpa.

Gambar 4.3. Data trending tekanan diferensial *seal gas strainer*
Sumber: Data XHQ dan SEEQ Agustus 2019

Data trending di atas menunjukkan bahwa sisi masuk dari strainer mengandung kontaminan yang kotor. Kinerja dari strainer akan bertambah berat manakala desain dari *strainer simplex* atau tunggal. Untuk pergantian strainer membutuhkan kompresor harus mati dikarenakan tidak adanya redundant filter lainnya (tipe *dupleks*).

Gambar 4.4. *Dupleks Strainer*
Sumber: Foto di ambil Februari 2020

4.2.2 Seal Gas Filter

Coalescing elemen menjadi alternatif pilihan terbaik saat ini dimana dari luas penampang yang lebih besar dari seal gas filter yang sekarang akan memberikan efisiensi filtrasi yang lebih untuk mencegah kotoran halus melewati dari filter yang terpasang. Filter ini terdiri dari silinder serat anargonik halus dengan kepadatan dan kedalaman yang telah ditentukan cukup untuk memastikan penyaringan maksimum fluida yang mengalir. Elemen ini juga dirancang untuk mempertahankan aliran dengan kecepatan yang relatif rendah melalui kedalaman filter untuk memastikan pembuangan cairan yang terkandung dalam gas secara efisien. Untuk memastikan suplai gas bersih dan menghilangkan cairan dari process gas dimana gas proses yang ada terdiri dari kontaminan berat dengan adanya cairan dan cairan yang menggumpal pada saringan atau strainer dan dry gas seal. Belerang juga ditemukan pada gas proses dan sampel yang diambil dari *dry gas seal*.

Gambar 4.5 Coalescing filter
Sumber: Flowserve gas division handbook

Penggunaan *coalescing filter* dengan *vane pack* akan melakukan penyaringan partikulat yang berat dan cairan yang masuk. Momentum menyebabkan partikel berat yaitu tetesan-tetesan cairan yang terkumpul menabrak *vane* hingga tercapainya berat dan ukuran yang menyebabkan mereka jatuh ke bawah filter karena gravitasi untuk selanjutnya dibuang ke jalur *close drain* berdasarkan *auto drain* ataupun dengan pembuangan manual. *Clean pac filter* bisa dipasang dengan pengaturan *duplex filter*. Satu filter *on duty* dan filter lainnya *standby* dimana pada saat operasi bisa melakukan pergantian filter tanpa unit shutdown.

4.2.3. Seal Gas Heater & Heat Tracing

Seal gas heater untuk menyediakan suplai seal gas di 20°C diatas *dew point*. Suplai seal gas diukur setelah keluar dari *heater* dan dikontrol oleh panel kontrol *heater*. Bagaimanapun kontaminasi akan kompleks dengan adanya partikel sulfur yang ditemukan di kompresor. Sulfur akan mengalir pada suhu kompresor normal, untuk itu kita perlu membantu kinerja dari *seal gas heater* dengan memasang *heat tracing* di jalur pipa suplai *seal gas* sebelum masuk ke dalam kompresor

Gambar 4.6. Grafik *dew point* gas
Sumber: Flowserve dry gas seal handbook

4.2.4. Seal Gas Booster

Salah satu faktor kegagalan *dry gas seal* pada dua kompresor ini terjadi pada saat transient condition yaitu pada saat menghidupkan kompresor. Kontaminasi dari proses gas paling sering terjadi pada fase transisi ini. Dimana aliran dan tekanan seal gas harus tersedia dalam segala kondisi dimana diketahui suplai *seal gas* berasal dari 2nd stage *impeller* kompresor itu sendiri. Seperti halnya pada saat setelah kompresor shutdown, aliran suplai gas menuju seal tidak ada tekanan masuk, keluar dan suplai seal gas 0 Kpa. Sedangkan *transient conditions* perlu adanya suplai *seal gas* dari luar. Hal ini akan mengakibatkan *process gas* akan migrasi ke *dry gas seal* karena tekanan suplai seal gas yang rendah dari tekanan process gas yang akan menyebabkan kebocoran dari *dry gas seal* tersebut (lihat gambar 4.6.)

Gambar 4.7. Data trending tekanan *seal gas booster*. (Merah: Tekanan masuk, Abu-abu: Tekanan keluar, Biru : Suplai seal gas)

Sumber: Data software XHQ dan SEEQ Agustus 2019

Hal ini menjadikan pemicu untuk mengkaji ulang mengenai *seal gas booster* yang digunakan sekarang. Salah satunya dengan mengubah desain katup masuk dan buang pada kompresor *booster* dimana model yang lama rentan mengalami stuck pada *ball* terhadap *valve cage* yang menjadikan tekanan buang dari *booster* tidak dapat mengirim tekanan suplai *seal gas* yang cukup.

Gambar 4.8. Seal Gas Booster Valve Upgrade Assy

Sumber: Foto di ambil Oktober 2019

Dengan desain *valve cage* yang kokoh dan tebal membuat posisi dari *ball valve* aman dan memudahkan dalam pergerakan saat langkah operasi hisap maupun buang. Namun ada

beberapa hal yang perlu dikaji lebih dalam terkait pengaruh kandungan dari suplai gas yang masih mengandung hidrogen sulfida terhadap ketahanan dari material seal gas booster.

4.3. Validasi Hasil Pengembangan Seal Gas Conditioning Unit

Revisi pertama dilakukan mengacu pada hasil rekomendasi, waktu yang diperlukan, ketersediaan material, vendor dan lain-lain. Adapun revisi yang dilakukan adalah:

- Pergantian tipe *simplex strainer* menjadi *dupleks strainer* dengan standar spesifikasi yang sama
- Perbaikan komponen *seal gas heater* dan pemasangan *heat trace* pada jalur pipa sistem *seal gas* mulai dari jalur *seal gas strainer* hingga *primary vent seal gas* di sisi *drive end* maupun *non drive end*
- Pergantian *seal gas filter* ukuran mesh dari 0.3 micron menjadi 0.1 micron
- Pengembangan *seal gas booster valve suction* dan *discharge valve* untuk menjaga keandalan dari *booster*

4.3.1. Seal Gas Strainer

Tekanan diferensial dari *strainer* menunjukkan grafik yang tinggi sebelum terjadinya kegagalan kompresor pada bulan Agustus (lihat gambar 4.8). Nilainya berkisar di angka 180-200 Kpa (alarm: 250 kpa). Dimana normal operasi *strainer* diantara 5-10 Kpa. Hal ini menunjukkan bahwa sisi masuk dari *strainer* mengandung kontaminan yang kotor. Setelah pergantian tipe *strainer* dan pemasangan *dupleks strainer*, tekanan diferensial strainer cukup stabil (lihat gambar 4.8) yang mengindikasikan efisiensi dari filtrasi cukup baik. Setelah hasil pengembangan nilai tekanan diferensial strainer stabil di angka 8-10 Kpa.

Gambar 4.9. Seal gas strainer tekanan diferensial

Sumber: Data software XHQ & SEEQ

4.3.2. Seal Gas Booster

Berdasarkan gambar 4.9, *seal gas booster* bekerja dengan baik dimana mampu menjaga tekanan suplai *seal gas* pada saat kompresor mati dimana saat terjadi perbedaan tekanan diferensial sisi masuk dan keluar kompresor di bawah 400 Kpa *seal gas booster* akan aktif dan menjaga tekanan suplai seal gas sebesar 2000 Kpa terus menerus hingga kompresor mampu menyuplai tekanan seal gas sendiri.

Sebelum pengembangan

Setelah pengembangan

Sumber: Data software XHQ & SEEQ

Keterangan:

Orange : Tekanan buang kompresor
kompresor
Abu-abu : Tekanan masuk kompresor
kompresor
Biru : Tekanan suplai seal gas

Keterangan:

Hijau : Tekanan buang
Ungu : Tekanan masuk
Biru : Tekanan suplai seal gas

Gambar 4.10. Seal gas booster tekanan suplai gas

4.3.3. Seal Gas Heater

Temperatur *seal gas* berkisar antara 80-120°C untuk menjaga *seal gas* tetap kering dan mencegah terbentuknya sulfur di jalur pipa yang akan menghambat suplai *seal gas* ke *dry gas seal* dan memasang *seal gas heater* di jalur pipa dari *seal gas strainer* hingga *orifice* di sisi masuk kompresor.

Sebelum pengembangan

Setelah pengembangan

Gambar 4.11. Seal gas heater temperatur

Sumber: Data XHQ & SEEQ bulan Agustus 2019 sampai Juli 2020

Berdasarkan gambar 4.10 sebelum melakukan pengembangan temperatur seal gas heater yang konstan di 200°C (normal 85°C sampai 120°C) mengindikasikan komponen thyristor dari heater tidak berfungsi dengan baik sehingga tidak dapat mengontrol temperatur yang telah ditetapkan. Namun setelah melakukan perbaikan di thyristor seal gas heater dan pemasangan electrical heat tracing di sepanjang jalur pipa sistem seal gas dengan menjaga temperatur suplai seal gas antara 80°C sampai 120°C memberikan kontribusi untuk

mencegah terjadinya kondensasi dari gas dan terbentuknya elental sulfur di sepanjang jalur pipa seal gas.

4.3.4. Seal Gas Filter

Berdasarkan data perubahan ukuran *mesh* dari 0,3 ke 0,1 micron untuk memaksimalkan proses penyaringan partikel halus, tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap tekanan diferensial dari filter dan performa dari filtrasi sehingga perubahan ukuran filter ini aman untuk di aplikasikan.

Gambar 4.12. Tekanan differensial *seal gas filter*

Sumber: Data software XHQ & SEEQ

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian kali ini kontaminasi di suplai seal gas menjadi faktor yang menyebabkan kerusakan dry gas seal. Seal gas conditioning unit sebagai penghalang kontaminasi untuk menyediakan suplai seal gas yang sesuai spesifikasi API 692 tidak bekerja secara efektif dengan parameter tekanan diferensial seal gas strainer di 250 Kpa, temperatur seal gas heater konstan di angka 200°C, tipe dan material komponen seal gas booster yang lemah, tipe seal gas filter konvensional yang tidak cocok dengan kondisi proses gas. Peneliti melakukan beberapa pengembangan di sisi gas conditioning unit dengan beberapa tahapan pengembangan awal yaitu perubahan tipe simplex ke duplex strainer, perubahan seal gas filter dari 0,3 micron menjadi 0,1 micron, menjaga temperatur suplai seal gas antara 85°C sampai 120°C dan pemasangan *heat tracing* di jalur pipa suplai *seal gas*, pengembangan material suction dan discharge valve seal gas booster dari carbon steel ke stainless steel. Hasil pengembangan awal memberikan hasil yang positif untuk menyediakan suplai seal gas yang sesuai spesifikasi dengan indikator interval pergantian *strainer* yang turun dan parameter *primary seal vent leakage* yang stabil. Dari hasil penelitian dan pembahasan awal yang ada, maka dapat disampaikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain mengembangkan tipe seal gas filter menjadi coalescing filter agar meningkatkan kualitas suplai seal gas dengan memisahkan kandungan liquid yang masih terkandung dalam suplai seal gas, dan Penggunaan flow transmitter di sisi masuk suplai seal gas sebelum masuk ke dalam dry gas seal untuk mengetahui aliran gas yang masuk ke dalam dry gas seal

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Suhanan, DEA. Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Penelitian Program Studi Magister Teknik Sistem, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
2. Bapak Muslikhin Hidayat, S.T., M.T., Ph.D., IPU. Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Penelitian Program Studi Magister Teknik Sistem, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Stahley JS. (2005). Dry Gas Seal Handbook. PennWell Book.
- 2) FaneJli, R. (1949). Solubility of Hydrogen Sulfide in Sulfur. Znd. Eng. Chem., 41, 9, pp 2031-2033.
- 3) Zaman, J. and A. Chakma. (1995). Production of Hydrogen and Sulfur from Hydrogen Sulfide. Fuel Process. Tech., 41, pp 159-198.
- 4) Chung, J.S., S.C. Paik, H.S. Kim, D.S. Lee, and IS. Nam. (1997). Removal of H₂S and/or SO₂ by Catalytic Conversion Technologies. Catalysis Today, 35, pp 37-43.
- 5) Caudle, B., Dyes, A. (1958). Improving Miscible Displacement by Gas-Water Injection.
- 6) Davarpanah, A. (2018). A Feasible Visual Investigation for Associative Foamn Polymer Injectivity Performances in the Oil Recovery Enhancement, Eur. Polym. J.
- 7) Eastoe, J., Hatzopoulos, M.H., Tabor, R. (2013). Microemulsions. In: Tadros, T. (Ed.). Encyclopedia of Colloid and Interface Science. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 688e729.
- 8) John S. E. (2002). Recovery of Sulfur from Sour Acid Gas: Review of the Technology, Environmental Progress, Hal. 143-162.
- 9) Rachmat, S. (2011). Reservoir Minyak dan Gas Bumi. Buku Pintar Migas Indonesia.
- 10) Ayu Wandira Bande, Djamaluddin, Hasbi Bakri. (2016). Analisis Penanganan Konsentrasi Hidrogen Sulfida Dalam Minyak Bumi Lapangan Tiaka Kabupaten Morowali Utara Provinsi Sulawesi Tengah. Jurnal Geomine, Vol 4, No. 2: Agustus 2016
- 11) Angelika Permatasari, Faisal Harris, Utik Dwi Pratiwi. (2016). Teknologi Pengolahan Gas Alam, Gas Alternatif Energi Ramah Lingkungan, engineer weekly.
- 12) ExxonMobil. (2015). Solutions for sour gas treating problems, Flexsorb™ Technology.
- 13) Latino, Robert.J., Latino, Kenneth.C. (2002). Root Cause Analysis Improving Performance for Bottom-line Results. Second Edition, CRC Press, Washington, D.C.
- 14) Uptigrove, Stan.O., Eakins, Paul.S., Sears, John.E. (1996). Dry Gas Seal Developments and Contamination Prevention. Volume 2, IPC 1996-1986, International Pipeline Conference

- 15) Flowserve Flow Division Solutions. (1999). Gaspac Compressor Gas Seals. Rev 11/99, Flowserve Corporation, Dortmund
- 16) Sutherland, Ken. (2008). Filters and Filtration Handbook. Fifth Edition, Butterworth-Heinemann, Elsevier Limited
- 17) Shahin I. (2016). Gas Seal Performance and Start up Condition Enhancing with Different Seal Groove Geometrie. Journals of Aeronautics and Aerospace Engineering 2016, 5:4.
- 18) Yan Wang, Qiong Hu, Jianjun Sun, Da Wang, Xiaoqing Zhen. (2019). Numerical Analysis of T-Groove Dry Gas Seal with Orientation Texture at the Groove Bottom. Advance in Mechanical Engineering, Vol. 11 (1) 1-12, journals.sagepub.com/home.
- 19) Aimone, R. J., Forsthoffer, W. E., Salzmann, R. M. (2007). Dry Gas Seal Systems, Vol. 48 (1) 20-21, Elsevier Science.
- 20) Forsthoffer, W. E. (2011). Dry Gas Seal Best Practices. Forsthoffer's Best Practice Handbook for Rotating Machinery, 501–524. Doi:10.1016/b978-0-08-096676-2.10009-8
- 21) Bloch, H. P. (2017). Dry Gas Seals. Petrochemical Machinery Insights, 89–102. doi:10.1016/b978-0-12-809272-9.00009-8