

**PENERAPAN METODE RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE)
PADA POMPA LP (LOW PRESSURE) FLARE
DI SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED**

Toni Eko Prasetyo^[1], Nur Robbi^[2], Mochamad Basjir^[3]

^[1]. Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin

^{[2], [3]} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam

Malang Jl. Mayjen Haryono 193 Malang 65144 Jawa Timur

toniekoprasetyo@gmail.com¹. nurrobby@unisma.ac.id². M.basjir@unisma.ac.id³

ABSTRAK

Dalam proses pengoperasian industri migas salah satu system yang sangat penting adalah sistem *venting*, *blowdown* dan *flaring*. Sistem ini berfungsi untuk menanggulangi *fluida* sisa akibat dari operasi yang tidak normal. Salah satu peralatan yang sangat penting dalam system ini adalah *LP Flare Pump*, karena erat kaitannya terhadap pencemaran lingkungan jika terjadi kegagalan pada pompa ini, sehingga kehandalan pompa *LP flare* tersebut benar-benar harus di jaga dan diharapkan memiliki tingkat kehandalan di atas 97%. Hingga saat ini perusahaan mempergunakan metode *fail to run*, yang dapat diartikan menunggu terjadinya kerusakan terjadi yang dapat berakibat peralatan tidak dapat dipergunakan. Untuk mencapai target kehandalan yang tinggi, maka di perlukan strategi *maintenance* yang baik dan peneliti mencoba menerapkan metode RCM untuk melakukan kegiatan *maintenance* pompa *LP Flare*. Metodologi yang dilakukan adalah mengetahui fungsi dan nama komponen pada Pompa *LP Flare*. Melakukan pengambilan data perbaikan dari perusahaan pada system database pemeliharaan (SAP) sejak Januari 2018 sampai dengan Desember 2020 pada perusahaan. Menghitung *Downtime*, *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*), *MTTF* (*Mean Time to Failure*), *MTTR* (*Mean Time to Repair*) dan pembuatan *Fishbone Diagram*. Dari Analisa data yang dilakukan disimpulkan bahwa *Downtime* terlama adalah kerusakan pada komponen *Check Valve* dan *Gearbox*. Sedangkan komponen kritis pada unit *LP Flare Pump* dilihat dari *RPN* (*Risk Priority Number*) dengan metode *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*) pada penerapan RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yakni *Check Valve* dengan *RPN* 54 dan *Gearbox* dengan *RPN* 48. Berdasarkan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) pada *Check Valve*, jangka waktu penggantian komponen kritis pada Pompa *LP Flare* disarankan dilakukan penggantian setelah dipergunakan selama 4.8 bulan dengan rata-rata waktu perbaikan selama 7 jam, sedangkan pada *Gearbox* 7.5 bulan dengan rata-rata waktu perbaikan selama 15 jam. Pada komponen *Check Valve* berdasarkan 4M dengan tindakan antara lain yaitu material perlu dilakukan upgrade material bola *check valve* agar lebih tahan terhadap gesekan dan tabrakan dengan *body check valve*. Pada komponen *gearbox Man* sangat berperan penting, terutama saat melakukan *alignment* antara *gearbox*, motor dan pompa harus dilakukan dengan teliti agar tidak terjadi *misalignment*. Selain itu proses pelumasan pada *gearbox* harus benar-benar dipastikan secara baik.

Kata kunci: *LP Flare Pump*, *FMEA*, *RCA*, *RCM*, *RPN*

ABSTRACT

In the process of operating the oil and gas industry, one of the most important systems is the venting, blowdown and flaring system. This system works to overcome the residual fluid resulting from abnormal operation. One of the important equipment in this system is the LP Flare Pump, so it is very close to the environment in the event of a failure of this LP pump, so it is expected to have a reliability level above 97%. Until now, the company applies the fail to run method, which means that it can let the equipment work until the equipment is damaged which causes the equipment to no longer work. To achieve a high reliability target, a good maintenance strategy is needed and the researchers tried to apply the RCM method to carry out maintenance activities for the LP Flare pump. The methodology used is to know the function and name of the components on the LP Flare Pump. take repair data from the company on the maintenance database system (SAP) from January 2018 to December 2020 at the

company. perform Downtime calculations, FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), MTTF (Mean Time to Failure), MTTR (Mean Time to Repair) and fishbone diagrams. From the data analysis carried out, the key that the longest downtime is damage to the Check Valve and Gearbox components. While the components in the LP Flare Pump unit are reviewed from the RPN (Risk Priority Number) with the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) method on the application of RCM (Reliability Centered Maintenance), namely Check Valve with RPN 54 and Gearbox with RPN 48. The recommended LP Flare pump based on the RCM (Reliability Centered Maintenance) method on the Check Valve, a critical replacement occurs after 4.8 months of use with an average repair time of 7 hours, while the Gearbox is 7.5 months with an average repair time of 15 hours. The Check Valve component is based on 4M with actions including the material that needs to be done to upgrade the check valve material so that it is more resistant to collisions and collisions with the check valve body. The Man gearbox component plays an important role, especially when aligning the gearbox, motor and pump carefully to avoid misalignment. In addition, the lubrication process on the gearbox must be properly ensured.

Keywords: LP Flare Pump, FMEA, RCA, RCM, RPN

PENDAHULUAN

Saka Indonesia Pangkah Ltd. (SIPL) adalah salah satu anak perusahaan dari PT Perusahaan Gas Negara Tbk di bidang hulu migas yang mendapatkan Kontrak Kerja Sama (KKKS) di wilayah Pangkah. Dalam proses pengoperasian industri migas salah satu system yang sangat penting adalah sistem *venting*, *blowdown* dan *flaring*. Sistem ini berfungsi untuk menanggulangi *fluida* sisa akibat dari operasi yang tidak normal. *Fluida* yang akan di *handle* berupa gas dan minyak. Untuk *fluida* gas akan di musnahkan dengan cara di bakar agar tidak membahayakan, sedangkan *fluida* berupa campuran air dan minyak akan di tampung dalam sebuah tangki (*Flare KO Drum*), agar *Fluida* cair tetap terjaga di ketinggian tertentu terdapat 2 buah pompa LP Flare yang akan memompa minyak tersebut ke *Export Line*, sehingga tangki tidak sampai penuh dan minyak tidak tumpah ke laut. Karena erat kaitannya terhadap pencemaran lingkungan jika terjadi tumpahan minyak di laut, maka kehandalan pompa LP flare tersebut benar-benar harus di jaga. Dua pompa LP Flare bekerja secara *redundance*, dan diharapkan memiliki tingkat kehandalan di atas 97%.

LP Flare Pump adalah salah satu pompa *reciprocating* yang berperan penting dalam pelaksanaan operasi di *site* lepas pantai milik SIPL. Akan tetapi peran penting ini tidak didukung dengan *maintenance* yang baik oleh perusahaan. Perusahaan lebih memilih menggunakan metode *fail to run*, yang berarti menunggu terjadinya kerusakan yang dapat berakibat peralatan tidak dapat dipergunakan. Kerusakan pada bagian-bagian penting seperti *check valve*, *mechanical seal*, *bearing*, *piston* dan peralatan-peralatan lain berakibat tingginya *Downtime* dan biaya perbaikan. Perusahaan Saka Indonesia Pangkah Ltd. dalam melakukan *maintenance* Pompa LP Flare perlu menerapkan RCM (*Reliability Centered*

Maintenance), karena proses RCM melakukan *checking* tiap-tiap komponen pada Pompa tersebut. “Tujuan pendefinisian tersebut adalah menentukan apa yang harus dilakukan agar peralatan dan komponen didalamnya mampu menjamin kinerja saat digunakan. Selain itu sebagai langkah pendekatan pemeliharaan komponen mesin antara aktivitas praktek dan langkah strategi dari *Predictive Maintenance* dan *Preventive Maintenance* untuk memberikan umur komponen secara maksimal dan fungsi dari peralatan pada komponen – komponen yang diperlu diganti dapat diminimalkan” (Soesetyo & Bendatu, 2014).

Menurut (Rachman, Garside, & Kholik, 2017), “aktivitas pada tindakan RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dilakukan melalui penilain nomor risiko prioritas berdasarkan nilai dari FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)”. Pada penelitian tersebut, *maintenance* yang dilakukan dibandingkan dengan *maintenance* sebelumnya memiliki rata-rata *Downtime* yang menurun sebesar 11,33%. Berdasarkan hal ini, secara umum proses RCM (*Reliability Centered Maintenance*), dapat berpengaruh positif terhadap peralatan yang dilakukan proses perhitungan untuk *maintenance*. Proses RCM (*Reliability Centered Maintenance*) memerlukan langkah-langkah yang harus berurutan mulai dari proses FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), untuk menghitung jangka waktu kerusakan komponen mesin mempergunakan model-model distribusi. “Model distribusi yang digunakan pada aktivitas RCM (*Reliability Centered Maintenance*) digunakan sebagai pemberian informasi dasar terhadap umur pakai pada komponen mesin didalam peralatan yang diteliti” (Siregar, 2002).

Proses *Predictive Maintenance* dan *Preventive Maintenance* dipergunakan untuk melakukan proses RCM (*Reliability Centered Maintenance*) pada komponen Pompa LP Flare supaya komponen-komponen yang dianggap

kritis dapat diketahui apabila ditinjau dari perencanaan perhitungan menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) pada perhitungan Risk Priority Number (RPN). Proses ini juga dipergunakan untuk menentukan jangka waktu penggantian komponen dilihat dari Predictive Maintenance dan Preventive Maintenance.

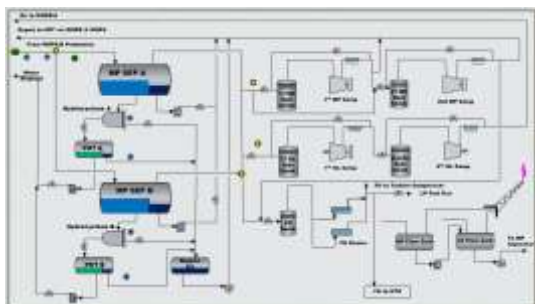
Perencanaan RCM (Reliability Centered Maintenance) digunakan untuk mengevaluasi tahun sebelumnya, dan dipergunakan sebagai acuan di waktu yang akan datang, supaya perusahaan dapat menetapkan umur komponen yang dipergunakan pada Pompa LP Flare dengan pengambilan data sejak Januari 2018 sampai dengan Des 2020. Oleh karena itu apabila terjadi *down* secara tidak terduga ataupun telah terprediksi, dapat segera diperbaiki atau mengganti komponen yang rusak.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini di buat untuk menerapkan metode RCM pada unit LP Flare Pump di Saka Indonesia Pangkah Ltd.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengenalan Proses Oil & Gas di SAKA Indonesia Pangkah Ltd.

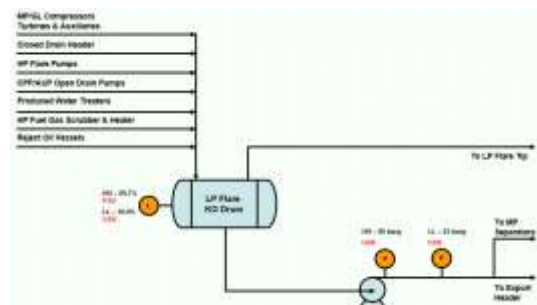
Sumber produksi oil & gas berasal dari wellhead platform, dimana wellhead platform memiliki beberapa sumur yang nantinya fluidanya akan di alirkan ke CPP (Central Processing Unit). Di CPP fluida dari sumur yang masih berupa campuran minyak, air dan gas akan masuk ke dalam sistem pemisahan berupa 2 medium pressure separator. Separator di Saka Indonesia Pangkah Ltd, memiliki jenis 3 phase separator dimana separator tersebut mampu memisahkan 3 fasa fluida (gas, minyak dan air). Prinsip pemisahannya berdasarkan perbedaan massa jenis masing-masing fluida.



Gambar1. Process Flow Diagram Central Processing Unit

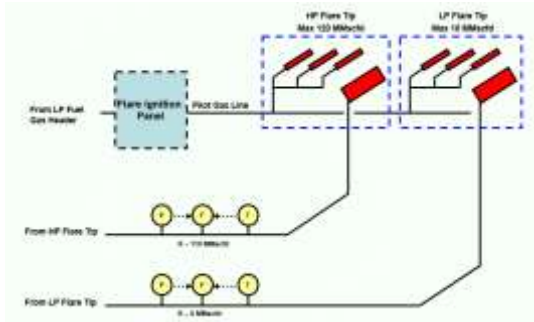
Setelah proses pemisahan selesai di lalui, gas yang sudah terpisah akan di alirkan ke unit compressor dan di teruskan ke export line untuk di kirim ke darat melalui pipa bawah laut.

Sedangkan minyak yang terpisah akan di pompa juga ke export line oleh pompa MP oil. Air sebelum dikembalikan kedalam reservoir melalui sumur water disposal di proses terlebih dahulu pada system water treatment untuk meminimalkan kandungan minyak yang terbawa dalam air. Selain itu ada sistem yang tidak kalah pentingnya yaitu sistem draining and flaring, yaitu sistem yang menangani fluida sisa baik itu berupa gas, minyak dan air. Fluida sisa muncul biasanya akibat dari ketidak normalan proses, seperti over pressure, proses blowdown dll. Fluida sisa tersebut akan di tamping dalam sebuah tangki tertutup yang di beri nama Flare KO Drum. Agar volume liquid dalam tangki tidak penuh, maka ketinggian permukaan cairan di kendalikan dengan mengoperasikan pompa LP Flare yang akan memompa fluida ke Export Line. Pompa LP Flare merupakan peralatan yang sangat penting keberadaannya, sehingga dibuat sistem redundance dengan menggunakan 2 pompa. Ketersediaan fungsi dari pompa ini harus selalu ada, karena jika terjadi kegagalan fungsi dari kedua pompa LP Flare maka secara otomatis plant harus berhenti beroperasi, karena jika Flare KO Drum penuh minyak akan tumpah ke laut dan membahayakan baik itu lingkungan dan fasilitas.



Gambar2. Proses Flow Diagram LP Flare Sistem

Sedangkan sisa buangan berupa gas akan di bakar melalui flare sistem. Gas flare atau lebih dikenal sebagai flare stack merupakan alat pembakar yang berbentuk vertikal yang umum dipergunakan pada sumur minyak, sumur gas, alat-alat pembor, kilang, plant kimia dan plant gas alam. Dimanfaatkan untuk menghilangkan limbah gas yang tidak mungkin untuk dipergunakan atau dipindahkan. Dimanfaatkan pula sebagai sistem keamanan gas dan pembebasannya mempergunakan *pressure relief valve* takala diperlukan untuk menurunkan *pressure* dalam peralatan.



Gambar 3. Proses Flow Diagram Flare Tip

Gas flare juga dapat melindungi alat-alat proses gas dari *over pressure*. Umumnya juga dipergunakan dalam kondisi genting, seluruh gas proses akan dibakar oleh sistem flare. Tujuan utama pemanfaatan flare pada eksplorasi minyak, kilang, dan pabrik kimia adalah sebagai peralatan *safety* sebagai pelindung bejana atau pipa dari *over pressure*. *Pressure control valve* merupakan perlengkapan antisipasi tekanan untuk membebaskan kelebihan gas, hingga mendapatkan izin kelanjutan operasi. Dimanapun peralatan pabrik mengalami *over pressure*, gas akan dibebaskan oleh *pressure relief valve* secara otomatis, yang mana akan melewati pipa yang pada umumnya dinamakan *flare header* yang kemudian diarahkan ke flare.



Gambar 4 Gambaran Flare Sistem

LP (Low Pressure) Flare Pump

LP Flare Pump merupakan jenis pompa *reciprocating* dimana memiliki rancangan yang mampu menghasilkan kapasitas energi mekanis besar dengan penggerak menggunakan energi aliran *fluida*. Sistem yang digunakan untuk bolak – balik didalam silinder menggunakan head yang rendah dengan *suction* dan *discharge*

yang tidak terlalu besar.

a. Spesifikasi LP Flare Pump

Pompa LP Flare Pump memiliki spesifikasi sebagai berikut:

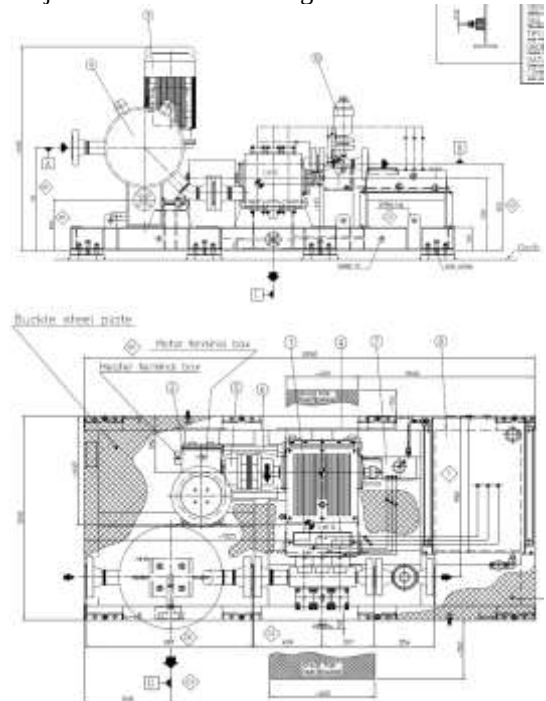


Gambar 5 Gambaran Pompa LP Flare

- Manufacturer: PERONI POMPE S.p.A.
- Type : Horizontal Plunger Type
- Serial Number: TITANO 3120 (Ø65 x 70)
- Capacity : 5 m3/h
- Power : 18.5 m
- Head : 1039 m
- Configuration : 2 x 100%

b. Komponen LP Flare Pump

Berikut adalah gambaran beberapa komponen dari LP Flare Pump di lapangan kerja SAKA Indonesia Pangkah Ltd.:



Gambar 6 Komponen Dasar Pompa LP Flare

Keterangan:

1. Unit Pump.
2. Gear Box.
3. Electric Motor.

4. Baseplate.
5. Slow Coupling
6. Coupling Guard
7. Seal Pump
8. Oil tank untuk seal pump.
9. Suction Pulsation dampener.
10. Discharge Pulsation dampener.
11. Piston
12. Solvent in: tempat fluida masuk
13. Check Valves: Katup isap
14. Solvent out : tempat fluida keluar

Reliability Centered Maintenance (RCM)

“Reliability Centered Maintenance adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar aset fisik dapat kontinyu dalam memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini” [26], [27], [28].

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Fungsi dari Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah untuk mengidentifikasi (Iswanto et al., 2013) dan melakukan pencegahan [14] terhadap kegagalan produksi [15], dikarenakan kesalahan bahan baku [4] maupun peralatan [16] termasuk mesin yang dipakai [17].

METODE PENELITIAN

Metode analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

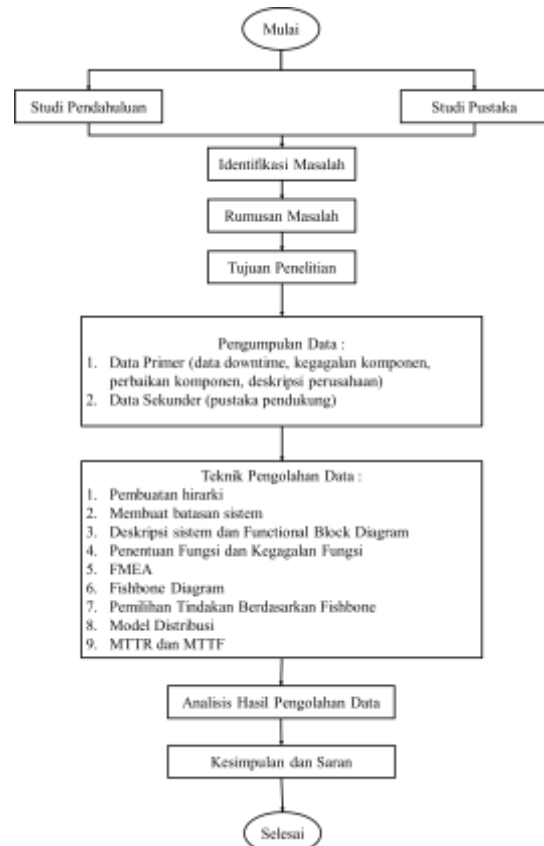
- a. Menidentifikasi fungsi dan nama komponen Pompa *LP Flare* dengan pengambilan data perbaikan pada perusahaan sejak Januari 2018 hingga Desember 2020.
- b. Menghitung Downtime mempergunakan rumus [29]:

$$t_{\text{downtime}} = t_{\text{selesai}} - t_{\text{mulai}} \quad (1)$$

- c. Membuat deskripsi dan batasan sistem serta *Functional Block Diagram*
- d. Menentukan Fungsi dan Kegagalan Fungsi
- e. Menghitung FMEA, Model Distribusi [7], MTTR [30] dan MTTF [30] menggunakan rumus:

$$RPN = S \times O \times D \quad \dots(2)$$

- f. Membuat Fishbone Diagram [31] dan memilih Tindakan Perbaikan (Ishii & Lee, 1994), [33]
- g. Menganalisa Hasil Pengolahan Data



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen, Fungsi dan Kegagalan Pompa *LP Flare*

Tabel 1. Komponen, Fungsi dan Kegagalan

Nama Komponen	Fungsi	Kegagalan
<i>Check Valve</i>	Mencegah terjadinya arus balik	Aus, terkikis
<i>Flexible Coupling</i>	Penyambung pompa	Keretakan, baut lepas
<i>Gearbox</i>	memindahkan tenaga penggerak pada mesin yang ingin digerakkan.	Gesekan, gear patah.
<i>Pulsation Dampener</i>	Menstabilkan <i>discharge pressure</i>	Leaking, diafragma pecah.
<i>Gland Packing</i>	membatasi kebocoran di sepanjang batang di katup dan poros dalam hal pompa	Retak/ pecah

Perhitungan Downtime

Waktu *Downtime* didapatkan dari perusahaan yang dapat dilihat pada tabel 2. Dari data yang didapat, waktu *Downtime* terlama adalah kerusakan pada komponen *Check Valve & Gearbox*

Tabel 2. Data Downtime

No	Tanggal	Waktu Downtime (jam)	Kerusakan Komponen
1	05-09-2014	7	Check valve Discharge
2	12-09-2014	7	Check valve Discharge
3	19-11-2014	10	Crankshaft
4	24-11-2014	7	Check valve Discharge
5	13-02-2015	7	Check valve Discharge
6	10-04-2015	7	Check valve Discharge
7	27-04-2015	7	Check valve Discharge
8	29-06-2015	3,5	Pulsation Dampener
9	16-10-2015	6	Gland Packing
10	20-12-2015	7	Check valve Discharge
11	23-04-2016	3,5	Pulsation Dampener
12	26-06-2016	7	Check valve Discharge
13	15-07-2016	7	Check valve Discharge
14	16-09-2016	7	Check valve Discharge
15	24-12-2016	5	Flexible Coupling
16	28-12-2016	7	Check valve Discharge
17	27-01-2017	7	Check valve Discharge
18	09-03-2017	2,5	Oil Breather
19	08-05-2017	7	Check valve Discharge
20	08-08-2017	3	Strainer
21	11-03-2018	7	Check valve Discharge
22	28-09-2018	7	Check valve Discharge
23	31-12-2018	no	Pipeline
24	11-06-2019	7	Check valve Discharge
25	04-07-2019	3	Strainer
26	30-07-2019	3	Strainer
27	31-10-2019	3	Strainer
28	29-11-2019	5	Flexible Coupling
29	02-12-2019	15	Gearbox
30	15-02-2020	3	Strainer
31	04-07-2020	15	Gearbox
32	05-07-2020	10	Check valve Discharge
33	29-09-2020	7	Check valve Discharge
34	26-10-2020	3,5	Pulsation Dampener

Batasan Sistem Perencanaan RCM

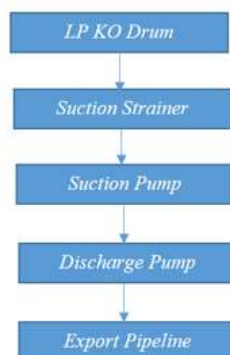
Batasan sistem pada perencanaan RCM ini adalah pompa LP Flare dengan komponen Check Valve, Flexible Coupling Gearbox, Pulsation Dampener dan Gland Packing.

Tabel 3. Batasan Sistem Perencanaan RCM

Nama Komponen	Batasan	
	Proses	Output
Check Valve	Fluida dihisap melalui suction kemudian masuk silinder piston dan di dorong oleh piston keluar discharge.	Fluida dihisap melalui suction kemudian masuk silinder piston dan di dorong oleh piston keluar discharge.
Flexible Coupling		
Gearbox		
Pulsation Dampener		
Gland Packing		

Functional Block Diagram

Berikut gambaran function block diagram dari LP Flare Pump:



Gambar 8. Fuction Block Diagram

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Didalam FMEA variabel *Severity* adalah tingkat keparahan yang ditimbulkan dari mode kegagalan pada mesin. Penilaian 1 – 10, jika kemungkinan keparah besar diisi maksimal nilai 10. Kemudian pada *Occurrence* adalah melakukan identifikasi dari penyebab mode kegagalan pada mesin dengan penilaian 1 – 10, jika identifikasi yang dilakukan untuk mengetahui penyebab memiliki efek tinggi maka maksimal dinilai 10. Sedangkan pada *Detection*, dilakukan untuk mendeteksi kesalahan pada mode kegagalan terhadap mesin dengan akurasi nilai 1 – 10, jika sulit dilakukan deteksi diberi penilaian maksimal 10. Setelah diketahui *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* dilakukan perkalian yang menghasilkan *Risk Priority Number*. Dari *Risk Priority Number* adalah nilai hasil perkalian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* yang digunakan untuk menentukan prioritas pada mode kegagalan dengan asumsi dari perusahaan nilai *Risk Priority Number* jika lebih dari 12 dinyatakan sebagai komponen kritis. Kemudian dilakukan ranking untuk mengetahui prioritas mode kegagalan yang harus dilakukan tindakan.

Berikut table hasil dari perhitungan RPN:

Tabel 4. Ranking Komponen Berdasarkan Nilai RPN

No	Komponen	Mode Kegagalan	Pengaruh Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Mitigasi/Batas Kegagalan	S	O	D	RPN	Rank
1	Check Valve	Ada kebocoran	Perbaikan pompa otomatis	Mengalami sistem yang bisa dari kebocoran, discharge pressure tinggi	Dilakukan inspeksi dari sistem pompa di perusahaan	4	3	3	34	1
2	Pulsation Dampener	Leakage, disengrup penuh	Disengrup pressure tidak stabil, release	Mengalami pompa yang bisa dari kebocoran, discharge pressure tinggi	Mengalami kebocoran discharge pressure	1	3	2	12	2
3	Flexible Coupling	Kerusakan, bisa lepas	Vibrasi di bagian sistem	Sterangnya vibrasi	Tanpa mesin pompa	1	2	3	12	3
4	Gland Packing	Berada pecah	Endoskopi oil	Fluida pompa	Berada rusak oil seal	1	1	3	6	4
5	Gearbox	Gesekan, gear pecah	Mekanisme tenaga, release, seal	Misalignment	Dilakukan inspeksi dari sistem pompa di perusahaan	4	3	4	48	5

Komponen dengan RPN tertinggi adalah Check Valve dengan RPN 54 dan Gearbox dengan RPN 48.

MTTR dan MTTF

MTTF pada Check Valve dihitung sebagai berikut:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N T_i \cdot Y_i - \frac{\sum_{i=1}^N T_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{N}}{\sum_{i=1}^N T_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N T_i)^2}{N}} = \frac{21,94 - \frac{14,49 \times 0,0}{2}}{3.920.800 - \frac{14,49^2}{2}} = 4,67$$

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} = \frac{0,0}{2} - \left(4,67 \times \frac{14,49}{2} \right) = -1,69$$

$$\sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{4,67} = 214,028$$

$$MTTF = \mu = -\alpha \times \sigma = -(-1,69) \times 214,028 = 4,8$$

Komponen-komponen Check valve memiliki asumsi kerusakan 4,8 bulan berdasarkan perhitungan MTTF.

MTTF pada Gearbox dihitung sebagai berikut:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N T_i \cdot Y_i - \frac{\sum_{i=1}^N T_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{N}}{\sum_{i=1}^N T_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N T_i)^2}{N}} = \frac{16,46 - \frac{13,12 \times 0,0}{2}}{994,500 - \frac{13,12^2}{2}} = 1,32$$

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} = \frac{0,0}{2} - \left(1,32 \times \frac{13,12}{2}\right) = -4,34$$

$$\sigma = \frac{1}{b} = \frac{1}{1,32} = 75,470$$

$$MTTF = \mu = -\alpha \times \sigma = -(-4,34) \times 75,470 = 7,5$$

Hasil perhitungan MTTF komponen komponen Gearbox dapat diasumsikan kerusakan 7.5 bulan.

Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) berdasarkan pada tabel 2 Data Downtime, mempergunakan rumus:

$$MTTR_{komponen x} = \frac{\text{jumlah waktu perbaikan}}{\text{jumlah perbaikan}}$$

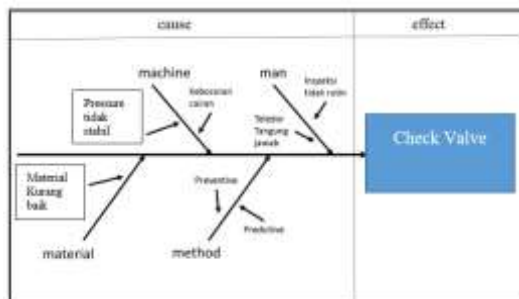
$$MTTR_{check\ Valve} = \frac{140\ jam}{20} = 7\ jam$$

$$MTTR_{Gearbox} = \frac{30\ jam}{2} = 15\ jam$$

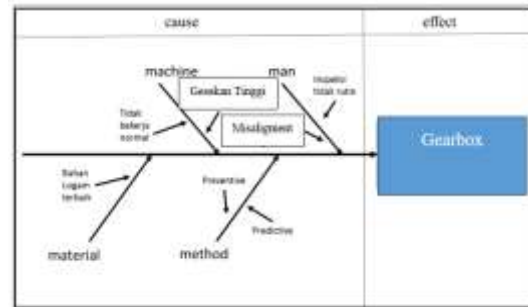
Dapat diasumsikan, rata-rata waktu perbaikan komponen pada Gearbox adalah 15 jam sedangkan untuk komponen Check Valve adalah 7 jam.

Tindakan Berdasarkan Fishbone Diagram

Diagram Fishbone dipergunakan untuk menganalisa komponen Check Valve dan gearbox untuk mengetahui penyebab agar dilakukan tindakan berdasarkan 4M (Man, Material, Method dan Machine).



Gambar 9. Fishbone Diagram Check Valve



Gambar 10. Fishbone Diagram Gearbox

Pada komponen Check Valve berdasarkan 4M dengan tindakan antara lain yaitu material perlu dilakukan dilakukan upgrade material bola check valve agar lebih tahan terhadap gesekan dan tabrakan dengan body check valve, sedangkan pada Method perlu dilakukan mode operasi yang smooth agar tidak terlalu sering terjadi hentakan yang mendadak pada check valve dan membuat tekanan discharge lebih stabil. Untuk Man dilakukan inspeksi rutin agar dapat waktu yang tepat untuk melakukan perbaikan dan penggantian komponen, dan memberikan motivasi kepada petugas maintenance untuk meningkatkan rasa tanggung jawab agar tidak teledor. Pada metode untuk melakukan inspeksi adalah prediktif dan preventif. Pada komponen gearbox Man sangat berperan penting, terutama saat melakukan alignment antara gearbox, motor dan pompa harus dilakukan dengan teliti agar tidak terjadi misalignment. Selain itu proses pelumasan pada gearbox harus benar-benar dipastikan secara baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dapat disimpulkan bahwa Komponen kritis pada unit LP Flare Pump dilihat dari RPN (Risk Priority Number) menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) pada penerapan RCM (Reliability Centered Maintenance) yakni Check Valve dengan RPN 54 dan Gearbox dengan RPN 48. Menurut metode RCM (Reliability Centered Maintenance) pada Check Valve, jangka waktu untuk mengganti komponen kritis pada Pompa LP Flare disarankan dilakukan setelah dipergunakan selama 4.8 bulan dengan rata-rata waktu perbaikan selama 7 jam, sedangkan pada Gearbox 7.5 bulan dengan rata-rata waktu perbaikan selama 15 jam. Rekomendasi yang diberikan pada jenis tindakan maintenance yang dilakukan pada komponen kritis dari Pompa LP Flare menurut RPN (Risk Priority Number) dengan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) pada implementasi RCM (Reliability Centered Maintenance) berdasarkan pada Fishbone Diagram yakni mempergunakan 4M (Machine, Man, Material,

Method). Saran yang diberikan untuk perusahaan yaitu melakukan *maintenance* sesuai dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) secara terus-menerus serta selalu mengevaluasi setiap aktivitas *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang dilanjutkan melakukan penelitian terkait material dalam komponen *Check Valve* dan *Gearbox* sebagai pengembangan komponen tersebut sehingga tidak mudah rusak, aus ataupun terjadi gagal fungsi. Saran untuk peneliti selanjutnya adalah penelitian ini belumlah sempurna, sehingga memerlukan pengembangan produk komponen *Check valve* dan *Gearbox Bearing* dengan metode *Quality Function Deployment* sebagaimana saran untuk perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agusnur, "Lingkungan Perusahaan," wordpress.com, 2017.
- [2] AIAG & VDA. (2020). *AIAG FMEAAV-1 AIAG & VDA FMEA Handbook* (1st ed.). AIAG & VDA
- [3] H. Rachman, A. K. Garside, and H. M. Kholik, "Usulan *Maintenance* Sistem Boiler dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)," *J. Tek. Ind.*, vol. 18, no.1, p.86, 2017, doi: 10.22219/jtiumm.vol18.no1.86-93
- [4] R. K. Dewi, "Reciprocating pump," blogspot.com, 2011.
- [5] Hadi, *Maintenance Dan Perbaikan Mesin Industri*, 1st ed. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2019.
- [6] N. R. Anugrah, L. Fitria, and A. Desrianty, "Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) Dan *Failure Mode and Effect Analysis*," *Reka Integr.*, pp. 146–157, 2019.
- [7] A. Iswanto, A. J. M. Rambe, and E. Ginting, "Aplikasi Metode *Taguchi Analysis* Dan *Failure Mode And Effect Analysis* (Fmea) Untuk Perbaikan Kualitas Produk Di PT . XYZ," *Dep. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 13–18, 2013.
- [8] Rawicaksana, "Kegunaan *Failure Mode and Effect Analysis*," blogspot.com, 2012.
- [9] J. R. Sifonte and J. V. Reyes-Picknell, *Reliability Centered Maintenance-Reengineered*. 2017.
- [10] F. W. Rahardito, "Implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada Proses Gas Krigenik," Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya, 2016.
- [11] Jainuri, "Perencanaan *Maintenance* Mesin Boiler Dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) Pada," *Mhs. Progr. Stud. Tek. Ind. Jur. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Tanjungpura*, vol. 1, pp. 46–51, 2013.
- [12] D. Setiawan, N. Jusolihun, and W. N. Cahyo, "Maintenance system design on air jet loom (AJL) machine using reliability centered maintenance (RCM) method," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 673, no. 1, pp. 1–7, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012102.
- [13] N. Ahmadi and N. Y. Hidayah, "Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI," *J. Optimasi Sist. Ind.*, 2017, doi: 10.25077/josi.v16.n2.p167-176.2017.
- [14] A. M. Majid, P. Moengin, and A. Witonohadi, "USULAN PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) DENGAN PENGUKURAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) UNTUK PERENCANAAN MAINTENANCE PABRIK BAR MILL PADA PT. KRAKATAU WAJATAMA," *J. Tek. Ind.*, 2014, doi: 10.25105/jti.v4i3.1515.
- [15] S. Indonesia, "Analisis Akar Masalah dengan Fishbone Diagram," 1, 2016.
- [16] K. Ishii and B. Lee, "REVERSE FISHBONE DIAGRAM: A TOOL IN AID OF DESIGN FOR PRODUCT RETIREMENT," *Mech. Eng.*, vol. 1, 1394.
- [17] Eriskusnadi, "Fishbone Diagram dan Cara Pembuatannya," eriskusnadi.com, 2012.