

# Perencanaan Kegiatan Preventive *Maintenance* pada Pompa Menggunakan Metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) dengan Mengaplikasikan Grey FMEA di Perusahaan Minyak dan Gas Bumi

Rosialita Kusumastuti<sup>1</sup>, Priyo Agus Setiawan ST, MT<sup>2</sup>, Arief Subekti ST, M.MT<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Pemesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail: [rosialita12@gmail.com](mailto:rosialita12@gmail.com)

## Abstrak

Perusahaan Minyak dan Gas Bumi merupakan perusahaan yang bergerak dibidang sales gas dan produksi pallet sulfur, pabrik ini sering mengalami permasalahan kerusakan atau breakdown yang tinggi pada mesin-mesin produksi khususnya mesin pompa sentrifugal P-0402 pada *Biological Sulfur Recovery Unit* (BSRU), sehingga mengakibatkan penurunan kapasitas produksi dan menghambat kelancaran proses produksi pallet sulfur. Untuk menjaga kestabilan produksi perlu adanya system pemeliharaan mesin produksi. RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan tindakan perawatan optimal serta Grey FMEA digunakan untuk menentukan urutan tingkat resiko berdasarkan prioritas untuk komponen kritis pada pompa P-0402. Komponen yang dianalisis menggunakan Grey FMEA pada pompa P-0402 berdasarkan tingkat resiko adalah *impeller*, *bearing*, *mechanical seal*, *vane*, *shaft* dan *wearing*. Hasil analisis menggunakan metode RCM II diperoleh komponen yang harus dirawat secara terjadwal adalah perawatan *impeller* dengan jadwal perawatan 1270,46 jam, *bearing* dengan jadwal perawatan 831,94 jam, *vane* dengan jadwal perawatan 309,56 jam, *mechanical seal* dengan jadwal perawatan 679,11 jam, *shaft* dengan jadwal perawatan 831,93 jam, dan *wearing* dengan jadwal perawatan 2904,71 jam.

Kata kunci : *Reliability Centered Maintenance* II, Grey FMEA, interval perawatan.

## 1. PENDAHULUAN

Perusahaan Minyak dan Gas Bumi merupakan perusahaan BUMN yang fokus bergerak dibidang pengolahan gas alam dengan produk samping berupa sulfur berbentuk pallet yang sering mengalami permasalahan *breakdown* mesin yang tinggi. Salah satu mesin yang digunakan pada Perusahaan Minyak dan Gas Bumi ini adalah pompa sentrifugal P-0402. Jenis pompa 0402 yakni pompa sentrifugal dengan merk sulzer. Dalam analisa studi kasus untuk *Reliability Centered Maintenance* (RCM II) ini dilakukan pada pompa P-0402. Fungsi dari pompa P-0402 adalah mengalirkan fluida berupa *lean solution* dari T-0401 selanjutnya dikirim kembali ke H<sub>2</sub>S Absorber. Permasalahan yang sering muncul pada pompa ini adalah sering terjadi kerusakan pada *mechanical seal*, *bearing*, *impeller* dan komponen lainnya yang terjadi sewaktu-waktu sebelum interval perawatan, yang menyebabkan *overhaul* atau *corrective maintenance* yang menimbulkan adanya *downtime* dan berhentinya proses produksi serta biaya perawatan yang semakin besar sehingga menimbulkan kerugian yang cukup berarti bagi perusahaan. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk mengusulkan perawatan mesin dengan menggunakan metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*). Metode RCM II diharapkan dapat menetapkan *scheduled maintenance* dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat yang harus dilakukan pada setiap komponen mesin.

## 2. METODOLOGI

Penelitian diawali dengan peninjauan dan pengumpulan data di Perusahaan Minyak dan Gas Bumi. Data yang diambil adalah data kerusakan mesin dan waktu perbaikan komponen mesin. Data tersebut diperoleh dengan melakukan kegiatan tanya jawab dan wawancara dengan operator, mekanik serta leader

maintenance secara langsung dilapangan dan mencatat dari dokumen perusahaan. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM II) digunakan untuk menentukan komponen kritis yang terdapat dari pompa sentrifugal P-0402. Metode ini terdiri dari beberapa langkah yakni seleksi system dan pengumpulan informasi, deskripsi system, fungsi system dan kegagalan fungsi, *Grey Failure Mode and Effect Analysis* (Grey FMEA) dan pemilihan tindakan. Pada langkah Grey FMEA terdiri dari enam langkah, yakni membangun seri perbandingan, menetapkan seri standart, mencari perbedaan antara seri standard an seri perbandingan, menghitung koefisien relasional grey dan derajat hubungan grey dan mengurutkan tingkat resiko berdasarkan prioritas. Jadwal penggantian komponen diperoleh berdasarkan perhitungan Total Maintenance (TM).

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pompa P-0402 yang dimiliki berada di proses *Biological Sulfur Recovery Unit* (BSRU) yang beroperasi setiap hari untuk membantu proses pengolahan gas H<sub>2</sub>S menjadi pallet sulfur. Fungsi dari pompa P-0402 adalah mengalirkan fluida berupa *lean solution* dari T-0401 selanjutnya dikirim kembali ke H<sub>2</sub>S Absorber. Kegagalan pompa dalam mengalirkan *lean solution* dapat berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas pallet sulfur yang dihasilkan. Dengan seringnya terjadi kegagalan terhadap pompa P-0402 tersebut maka mesin ini terpilih untuk dianalisis selanjutnya dengan metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*). **Tabel 1. Detail kerusakan pompa P-0402**

No	Komponen	Frekuensi kerusakan
1.	Impeller	4
2.	Vane	3
3.	Wearing ring	3
4.	Shaft	3
5.	Bearing	5
6.	Mechanical Seal	5

Berdasarkan kode-kode dibuat fungsi system dan kegagalan system yang dapat dilihat pada tabel 2

**Tabel 2. Bentuk kerusakan dan penyebab kerusakan dari komponen pompa P-0402.**

RCM II Decision Worksheet		Sistem : <i>Biological Sulfur Recovery Unit</i> (BSRU)						
		Sub-sistem : Pompa Sentrifugal P 0402						
		Fungsi sub-sistem : Mengalirkan larutan amine dari Lean Solution Tank T-0401 dikirim kembali ke H <sub>2</sub> S Absorber						
No	Equipment	Description of failure					Effect of failure	
		Function	Functional Failure		Failure Mode			
1	Impeller	1	Untuk menghisap dan memberikan kecepatan pada larutan amine yang ada dalam bentuk energi kinetik.	A	Berkurangnya daya hisap larutan amine.	1	Impeller rusak	Low pressure dan low flow
2	Vane	1	Sudu dari impeller sebagai tempat berlalunya larutan amin pada impeller.	A	Aliran arutan amine tidak mengair dengan sempurna	1	Vane Aus	Gagal membawa larutan amine
3	Wear ring	1	Meminimalisir terjadinya kebocoran akibat adanya celah antara impeller dan casing.	A	Gagal menghalangi kontak langsung	1	Wear ring longgar	Gagal menghalangi kontak langsung

					impeller dan casing.			antara casing dan impeller.
4	Shaft	1	Untuk mentransfer daya dari penggerak dan sebagai penumpu impeller dan bagian pompa lainnya.	A	Gagal mentransfer daya ke bagian pompa lainnya yang berputar	1	Shaft rusak	Temperatur bearing tinggi
5	Bearing	1	Sebagai kedudukan shaft yang berputar dan sebagai tumpuan untuk menghalangi kontak langsung antara logam.	A	Gagal menumpu shaft sehingga terjadi kontak langsung antar logam	1	Bearing rusak	Vibrasi pada pompa dan cukup noise
6	Mechanical Seal	1	Untuk menghalangi larutan amine keluar dari casing pompa agar cairan dalam pompa langsung diteruskan ke discharge nozzle.	A	Gagal menghalangi larutan amine	1	Seal bocor	Terjadi Flushing

Grey Failure Mode and Effect Analysis (Grey FMEA) merupakan proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi system. Penerapan Grey Theory dalam FMEA dilakukan dengan mencari nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* yang didapat dari Fokus Grup Discussion dengan pihak *maintenance* peralatan *rotating*.

**Tabel 3 Penentuan rating *severity*, *occurrence* dan *detection***

Komponen	Failure Mode	S	O	D
Impeller	Impeller rusak	9	4	8
Bearing	Bearing rusak	8	3	8
Mechanical Seal	Mechanical seal bocor	7	3	7
Vane	Vane Aus	9	3	5
Shaft	Shaft unbalance	8	5	6
Wearing	Wear ring aus	9	5	5

Berikut merupakan langkah-langkah penentuan nilai RPN dengan menggunakan metode Grey FMEA, yaitu :

1. Membangun seri perbandingan

Pada tahap ini adalah memasukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada masing-masing tipe kegagalan. Tampilannya adalah sebagai berikut :

$$Komponen = \begin{bmatrix} 9 & 4 & 8 \\ 8 & 3 & 8 \\ 7 & 3 & 7 \\ 9 & 3 & 5 \\ 8 & 5 & 6 \\ 9 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

2. Menetapkan seri standar

Utuk mengurangi resiko yang potensial, nilai-nilai semua factor keputusan akan menjadi sekecil mungkin dengan begitu, standard yang ditetapkan adalah sebagai berikut :

$$x_0 = [x_0(1)x_0(2)x_0(3)] = [7 \quad 3 \quad 5]$$

3. Mencari perbedaan antara seri standard dan seri perbandingan

Pada tahap ini mengurangi nilai dari seri perbandingan dengan seri standar. Maka hasilnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta_{01}(1) &= 9 - 7 = 2 \\ \Delta_{02}(1) &= 8 - 7 = 1 \\ \Delta_{03}(1) &= 7 - 7 = 0 \\ \Delta_{04}(1) &= 9 - 7 = 2 \\ \Delta_{05}(1) &= 8 - 7 = 1 \\ \Delta_{06}(1) &= 9 - 7 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{01}(2) &= 4 - 3 = 1 \\ \Delta_{02}(2) &= 3 - 3 = 0 \\ \Delta_{03}(2) &= 3 - 3 = 0 \\ \Delta_{04}(2) &= 3 - 3 = 0 \\ \Delta_{05}(2) &= 5 - 3 = 2 \\ \Delta_{06}(2) &= 5 - 3 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{01}(3) &= 8 - 5 = 3 \\ \Delta_{02}(3) &= 8 - 5 = 3 \\ \Delta_{03}(3) &= 7 - 5 = 2 \\ \Delta_{04}(3) &= 5 - 5 = 0 \\ \Delta_{05}(3) &= 6 - 5 = 1 \\ \Delta_{06}(3) &= 5 - 5 = 0 \end{aligned} \quad \Delta_{0j}(k) = \|x_0(k) - x_j(k)\|$$

4. Menghitung koefisien relasional *grey*

Untuk menghitung koefisien relasional, factor keputusan dari model kegagalan dibandingkan dengan seri standar. Langkah-langkah untuk perhitungan pada langkah keempat ini adalah sebagai berikut :

a. Mencari nilai maksimum dan minimum pada langkah ketiga

$$\begin{aligned} \Delta_{0i} \text{ max} &= 3 \\ \Delta_{0i} \text{ min} &= 0 \end{aligned}$$

b.  $\zeta$  adalah berupa identifikasi, hanya mempengaruhi nilai relative dari resiko tanpa mengubah prioritas. Nilai  $\zeta$  yang biasanya digunakan adalah 0.5<sup>10</sup>

$$\begin{aligned} \gamma(x_0(k), x_i(k)) &= \frac{\Delta \text{ min} + \zeta \Delta \text{ max}}{\Delta_{0j}(k) + \zeta \Delta \text{ max}} \\ \gamma_{0i}(k) &= \frac{\Delta \text{ min} + \zeta \Delta \text{ max}}{\Delta_{0j}(k) + \zeta \Delta \text{ max}} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan koefisien relasional:

Dimana :

$$\begin{aligned} \Delta_{0i} \text{ max} &= 3 \\ \Delta_{0i} \text{ min} &= 0 \\ \Delta_{01}(1) &= 4 \end{aligned} \quad \gamma_{01}(1) = \frac{\Delta \text{ min} + \zeta \Delta \text{ max}}{\Delta_{01}(1) + \zeta \Delta \text{ max}} = \frac{0 + (0.5 \times 3)}{2 + (0.5 \times 3)} = 0,4286$$

**Tabel 0 Nilai Koefisien Relasional**

Komponen Utama	Relasional (Severity)	Relasional (Occurance)	Relasional (Detection)
Impeller	0,4286	0,6	0,3333
Vane	0,6000	1	0,3333
Wear ring	1,0000	1	0,4286
Shaft	0,4286	1	1

Bearing	0,6000	0,4285	0,6
Mechanical Seal	0,4286	0,4285	1

5. Menentukan derajat hubungan

Langkah kelima dilakukan untuk mengetahui nilai prioritas untuk masing-masing komponen.

Rumus yang digunakan dalam menentukan derajat hubungan, yaitu :

$$\Gamma_{oi}(k) = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 \gamma_{oi}(k)$$

Contoh perhitungan derajat hubungan untuk mengetahui nilai prioritas masing-masing komponen, yaitu :

$$\Gamma_{oi}(1) = \frac{1}{3} \times (\gamma_{oi}(1) + \gamma_{oi}(2) + \gamma_{oi}(3)) \qquad \Gamma_{oi}(1) = \frac{1}{3} \times (0,4286 + 0,6 + 0,3333) = 0,4540$$

**Tabel 1 Nilai Derajat Hubungan**

Nilai Hubungan	Derajat	Komponen
0,4540		<i>Impeller</i>
0,6444		<i>Vane</i>
0,8095		<i>Wear ring</i>
0,8095		<i>Shaft</i>
0,5429		<i>Bearing</i>
0,6190		<i>Mechanical Seal</i>

6. Mengurutkan tingkat resiko berdasarkan prioritas

Pada langkah ini mengurutkan tingkat resiko dengan mengurutkan nilai dari terkecil hingga terbesar.

**Tabel 2 Tingkat Resiko Berdasarkan Prioritas**

Nilai Hubungan	Derajat	Komponen
0,4540		<i>Impeller</i>
0,5429		<i>Bearing</i>
0,6190		<i>Mechanical Seal</i>
0,6444		<i>Vane</i>
0,8095		<i>Shaft</i>
0,8095		<i>Wear ring</i>

Dalam mencari *Total Maintenance* diperlukan *Cost Failure* (CF) dari harga komponen, *Cost Worker* (CW) dari gaji per jam kerja setiap bulan, *Cost Operational* (CO) dari data kerugian apalagi unit tidak berproduksi, *Cost Repair* (CR) dari data biaya penggantian, *Cost Maintenance* (CM) dari biaya perbaikan.

**Tabel 9 Perhitungan Total Maintenance (TM)**

	CF (Rp)		CO (Rp)	MTTR	CR (Rp)	CM (Rp)	TM (hours)
--	---------	--	---------	------	---------	---------	------------

Jenis Kerusakan		CW (Rp)					
Impeler	193,120,000	92361.76	14000000	1.1539	209381784.5	123452.38	1270.4616
Vane	0	92361.76	14000000	8.1546	114917856.5	123452.38	309.5611
Wearing	179,071,200	92361.76	14000000	6.7233	273818375.8	123452.38	2904.7111
Shaft	0	92361.76	14000000	7.9258	111693724.5	123452.38	306.4020
Bearing	31,654,000	92361.76	14000000	6.8642	128386219.8	123452.38	831.9353
Mechanical Seal	1,426,000	92361.76	14000000	3.0730	44732400.92	123452.38	679.1121

Dalam decision worksheet ini akan ditentukan jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang sesuai dalam menghadapi masing-masing failure mode dari perawatan pompa P-0402.

**Tabel 10. Decision Worksheet untuk pompa P-0402**

RCM II Decision Worksheet		Sistem : Biological Sulfur Recovery Unit (BSRU)										Date :			Sheet No :		
		Sub-sistem : Pompa Sentrifugal P 0402															
Information Reference		Fungsi sub-sistem : Mengalirkan larutan amine dari Lean Solution Tank T-0401 dikirim kembali ke H2S Absorber										Proposed Task			Initial Interval	Can be done by	
		Consequence Evaluation				Default action											
No	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	H4	H5	S4			
						S1	S2	S3	E1	E2	E3						
						O1	O2	O3									
1	Impeller	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y				Schedule Discard Task	1270.4616	Maintenance
2	Bearing	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y				Schedule Discard Task	831.9353	Maintenance
3	Mechanical Seal	1	A	1	Y	N	Y	N	N	N	Y				Schedule Discard Task	679.1121	Maintenance
4	Vane	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					Schedule Restoration Task	309.5611	Maintenance
5	Shaft	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					Schedule Restoration Task	306.4020	Maintenance
6	Wear ring	1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y				Schedule Discard Task	2904.7111	Maintenance

#### 4. KESIMPULAN

- Analisa FMEA/ RCM II *Information Worksheet* menunjukkan bahwa terdapat 6 bentuk kegagalan yang memiliki potensi untuk menyebabkan terjadinya *functional failures* pada pompa P-0402. Dan dapat diketahui bahwa terbagi dalam 2 kriteria yakni : kegagalan yang berdampak pada terhentinya proses produksi dan kegagalan yang berdampak pada kerusakan/ kecacatan produk. Berdasarkan tingkat resiko prioritas dengan mengurutkan nilai dari terkecil hingga terbesar dari komponen pompa P-0402 adalah *impeller, bearing, mechanical seal, vane, shaft* dan *wear ring*.
- Kebijakan perawatan yang diberikan untuk menghadapi *functional failures* dari *equipment* pompa secara keseluruhan terbagi dalam kegiatan, yakni :
  - Scheduled discard task*  
Komponen yang diberikan task ini diantaranya adalah *bearing, mechanical seal, impeller* dan *wearing ring*.
  - Scheduled restoration task*  
Komponen yang diberikan task ini diantaranya adalah *vane* dan *shaft*.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis Rosialita Kusumastuti sangat bersyukur atas perlindungan Allah SWT daam segala kesehatan serta rahmat-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Penulis juga tidak lupa berterima kasih kepada kedua orang tua Bapak Kusnadi dan Ibu Indri Astuti atas limpahan kasih saying serta doa yang tulus tiada henti.. terima kasih disampaikan kepada Bapak Priyo Agus Setiawan ST,.MT dan Arief Subekti ST,.M.MT selaku dosen pembimbing dan Bapak Ekhwanto selaku pembimbing perusahaan yang dengan sabar memberikan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala bantuan dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Haryono.(2004). Perencanaan Suku Cadang Berdasarkan Analisis Reliability.Laporan Pemeliharaan.MIPA,Statistika.ITS
- Mobley, R.Keith.(2008). Maintenance Engineering Handbook Seventh Edition. The Mc Graw – Hill Company. Inc, New York
- Moubray, John.(1997). Reliability Centered Maintenance Second Edition. Industrial PressInc.,New York
- Paletto,Thiago.(2016). A Grey Theory Based Approach to Big Data Risk Management Using FMEA. Hindawi Publising Corporation-Mathematical Problem in Engineering
- Republik Indonesia,(2009).*Undang-Undang No.4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara*.Sekretariat Negara.Jakarta
- Setiawan, M.Arif.(2007). Analisa Resikodan Penentuan Kegiatan Perawatan pada Stacker/ Reclaimer Menggunakan Metode RCM II (*Reliability Centered Maintenance*). Studi Kasus PT. International Power Mitsui Operation and Maintenance Indonesia (IPMOMI). Tugas Akhir Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja PPNS-ITS
- Wilbert.(2012). Perancangan Preventive Maintenance dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dengan Mengaplikasikan Grey FMEA PT.Kharisma Abdi Sejati. Tugas Sarjana Teknik Industri Universitas Sumatera Utara