

**USULAN PROGRAM PERAWATAN YANG OPTIMAL DENGAN METODE  
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II (RCM II) PADA SISTEM  
P1 FILLING POINT II FILLING SHED I  
(STUDI KASUS TBBM SEMARANG GROUP PT. PERTAMINA (PERSERO) SUPPLY &  
DISTRIBUTION REGION IV AREA JAWA BAGIAN TENGAH)**

**Almira Rahma Yanuar<sup>1)</sup>, Bambang Purwanggono<sup>2)</sup>**  
Program Studi Teknik Industri Universitas Diponegoro  
Kampus Undip Tembalang, Semarang 50275, Indonesia  
Telp/Fax : 024-7460052  
Email: almiramiraa@gmail.com<sup>1)</sup>, b.purwanggono@gmail.com<sup>2)</sup>

**Abstrak**

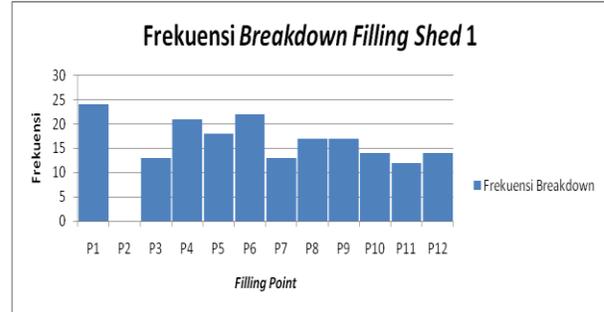
*Pada TBBM Semarang Group, perusahaan dengan kegiatan utama penerimaan, penimbunan, dan pendistribusian BBM ke 217 unit SPBU di area Jawa Bagian Tengah, mengalami kerugian yang disebabkan tingkat breakdown yang tinggi pada salah satu sistem penyaluran BBM. Penelitian ini membahas mengenai program perawatan sistem P1 yang ada pada Filling Point II, Filling Shed I. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan modus-modus kegagalan dari sistem P1 Filling Point II Filling Shed I dan menilai konsekuensi kegagalan dari masing-masing modus tersebut, menentukan jenis kegiatan perawatan (maintenance tasks) yang tepat untuk setiap modus kegagalan yang telah ditentukan, serta menentukan nilai interval perawatan optimum dengan pertimbangan biaya dan waktu guna mencegah terjadinya kegagalan. Metode yang digunakan adalah Reliability Centered Maintenance II (RCM II) karena mampu menentukan maintenance task yang optimal berdasarkan konsekuensi modus kegagalan dan konteks operasi pada sistem tersebut. Hasil penilaian resiko dengan Risk Priority Number (RPN) terhadap 23 modus kegagalan menunjukkan bahwa komponen kritis yang perlu mendapatkan prioritas utama perhatian adalah seal bottom swivel yang mendapatkan nilai RPN 168, kemudian gotri aus dengan nilai RPN 126. Untuk modus seal bottom swivel rusak dan gotri aus tersebut diberikan kebijakan scheduled discard task dengan waktu maintenance optimal ( $T_M$ ) untuk seal bottom swivel pada perhitungan untuk premium non-subsidi adalah 1525,210 jam dan untuk premium bersubsidi adalah 1543,560 jam. Sedangkan untuk komponen gotri memiliki waktu maintenance optimal ( $T_M$ ) yang sama untuk premium non-subsidi maupun bersubsidi yaitu 2861,200 jam. Nilai  $T_M$  yang diperoleh untuk mencegah kerusakan pada kedua komponen tersebut lebih kecil dari nilai Mean Time to Failure (MTTF)-nya, yang menunjukkan bahwa waktu maintenance optimal akan berusaha untuk menghindari terjadinya kerusakan fungsi komponen sebelum kerusakan terjadi.*

**Kata Kunci : TBBM Semarang Group, RCM II, Risk Priority Number,  $T_M$  Optimal**

## PENDAHULUAN

Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Semarang Group PT. Pertamina (Persero) *Supply & Distribution* Region IV Area Jawa Bagian Tengah merupakan unit operasi dengan kegiatan utama penerimaan, penimbunan, dan pendistribusian BBM ke 217 unit SPBU yang ada di Kodya Semarang, Kabupaten Semarang, Kabupaten Kendal, Kabupaten Demak, Kabupaten Kudus, Kabupaten Jepara, Kabupaten Pati, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Batang, sebagian wilayah Kabupaten Blora, dan sebagian wilayah Kabupaten Tegal. Seiring dengan tuntutan profesionalitas kerja, tentunya TBBM Semarang Group PT. Pertamina (Persero) *Supply & Distribution* Region IV Area Jawa Bagian Tengah ingin senantiasa memberikan pelayanan yang terbaik bagi konsumennya, terlebih Bahan Bakar Minyak (BBM) ini sangat dibutuhkan bagi konsumen untuk memperlancar seluruh kegiatan transportasi konsumen. Oleh karena itu, sangat penting bagi perusahaan untuk melakukan perawatan yang optimal pada sistem yang bersangkutan. Tingginya frekuensi *breakdown* di masing-masing *Filling Point* pada *Filling Shed I* yang merupakan sistem penyaluran utama adalah salah satu masalah yang dihadapi TBBM Semarang Group PT. Pertamina (Persero) *Supply & Distribution* Region IV Area Jawa Bagian Tengah.

Dengan adanya kerusakan pada sistem tersebut, proses penyaluran premium menuju mobil tangki dapat terhambat dan berdampak pada kerugian ekonomi yang dapat mencapai Rp 542.500,00 per 50 liter premium tiap terjadi kerusakan. *Loss economic* ini mengikuti harga jual keenomian (harga dasar) BBM Pertamina tanpa pajak per 1-14 Januari 2014 dimana per liternya adalah Rp 10.850,00. Dampak lainnya selain pada kerugian ekonomi adalah pada lingkungan atau area *Filling Point*.



**Gambar 1. Histogram Frekuensi Breakdown Filling Shed I (Premium) Periode Januari 2012 - Juni 2014**

Berdasarkan histogram di atas, dapat disimpulkan bahwa frekuensi *breakdown* tertinggi adalah P1 yaitu memiliki frekuensi *breakdown* sebanyak 24 kali selama periode Januari 2012 - Juni 2014. Oleh karena itu, maka P1 dipilih sebagai objek penelitian dalam Tugas Akhir ini dengan persentase *downtime* terbesar yaitu 13,331% dan *loss opportunity* akibat *downtime* dimana seharusnya selama 28,583 jam P1 dapat menjual premium non subsidi dengan harga Rp 10.850,00/liter sebesar Rp 2.481.004.400,00 serta untuk BBM bersubsidi Rp 6.500,00/liter adalah sebesar Rp 1.486.316.000,00. Kebijakan perawatan yang diterapkan oleh TBBM Semarang Group PT. Pertamina (Persero) *Supply & Distribution* Region IV Area Jawa Bagian Tengah pada sistem *Filling Point* P1 adalah perawatan pencegahan atau *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* ini dilakukan terhadap sistem yang ada pada P1 *Filling Point* II kecuali MAI. Sehingga hanya *bottom loader* yang mendapatkan atensi *maintenance*, mengingat MAI hanya dilakukan *maintenance* satu kali dalam setahun yaitu dengan melakukan tera tahunan bekerja sama dengan Badan Metrologi. Dalam pelaksanaannya, sebelum tiba waktunya dilakukan *preventive maintenance* pada *bottom loader*, sistem tersebut sudah mengalami kerusakan atau harus di-*repair*.

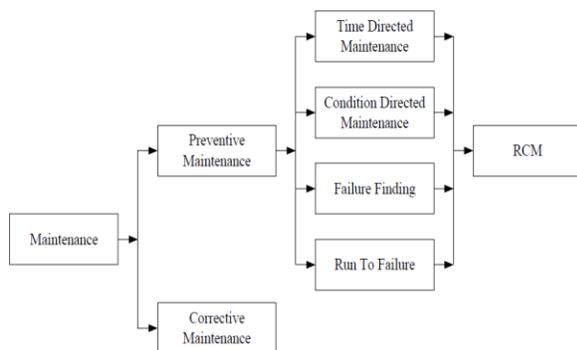
Dari seluruh uraian di atas, dalam usaha untuk menjamin ekspektasi dan menjaga keandalan sistem P1 *Filling Point* II dalam menjalankan fungsinya berdasar pada dimana dan bagaimana peralatan tersebut digunakan dalam konteks operasionalnya agar tingkat produktivitasnya maksimal, maka digunakan metode *Reliability Centered Maintenance*

(RCM) dalam penelitian Tugas Akhir ini. Seiring dengan perkembangan teknik *maintenance* yang sangat pesat, mulai diterapkan RCM II yang merupakan perkembangan dari konsep RCM I. Konsep dasar dari metode RCM II ini adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem, sehingga segala upaya perawatan yang dilakukan adalah untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dengan memperhatikan efek kegagalan yang terjadi, selain terhadap kegiatan operasional, namun juga terhadap keselamatan pekerja dan terhadap lingkungan sekitar. Dengan penerapan metode ini, diharapkan akan dapat merancang sistem yang handal dan aman serta dapat diperoleh kegiatan perawatan yang tepat (*maintenance task*) berdasarkan data *history* kerusakan mesin untuk mendapatkan keandalan sistem yang lebih efektif berdasarkan penilaian secara kualitatif dan kuantitatif.

### TINJAUAN PUSTAKA

Definisi perawatan menurut Gross (2002) adalah sebuah operasi atau aktivitas yang harus dilakukan secara berkala dengan tujuan untuk melakukan pergantian kerusakan peralatan dengan *resources* yang ada.

Menurut Smith (2004), aktivitas dalam *maintenance* pada umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Klasifikasi tindakan perawatan dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini :



**Gambar 2. Klasifikasi Tindakan Perawatan (Smith,2004)**

Ada beberapa fungsi distribusi statistik yang biasa digunakan untuk menguraikan

kerusakan peralatan (Ebeling, 1997). Adapun fungsi distribusi tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Fungsi Distribusi Normal
- b. Fungsi Distribusi Gamma
- c. Fungsi Distribusi Eksponensial
- d. Fungsi Distribusi Weibull

### METODOLOGI

Metode RCM II terdiri atas tujuh tahapan yaitu (Moubray, 2000):

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi
2. Definisi Batasan Sistem
3. Deskripsi Sistem dan Function Block Diagram.
4. Penentuan Fungsi dan Kerusakan Fungsional
5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
6. *Logic Tree Analysis* (LTA)
7. *RCM task selection*

Langkah awal dilakukannya proses RCM II adalah penentuan sistem dan pengumpulan data yang berupa *equipment history card*, dan *engineered system catalog* yang dapat membantu dalam mengetahui jenis part yang ada pada mesin serta sistem kerja mesin secara jelas. Kemudian proses selanjutnya adalah pendefinisian batasan sistem, yang berarti penentuan input serta output dari masing-masing asset dalam sistem. Proses ini harus didefinisikan secara jelas agar fokus pengetahuan dan peneliti memiliki gambaran yang utuh dalam melakukan identifikasi dan mendefinisikan fungsi dari sistem secara lengkap. Selanjutnya adalah pembuatan *Aset Block Diagram* (ABD) dan *Functional Block Diagram* (FBD), dimana pada tahap ini akan teridentifikasi *in/out interface* sehingga akan memberikan gambaran lengkap dari fungsi sistem.

Tahap selanjutnya adalah tahapan untuk mengidentifikasi modus-modus kegagalan dalam sistem hingga kemudian dapat dijelaskan efek dari setiap kegagalan tersebut dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis*

(FMEA). Dari proses FMEA dapat dikuantitatifkan sebuah nilai *Risk Priority Number* (RPN) yaitu dengan mengalikan nilai *severity*, *detection*, dan *occurrence*. Nilai RPN dapat digunakan untuk menentukan tingkat kritis sebuah modus, nilai tersebut dapat dijadikan tambahan pertimbangan dalam menentukan *maintenance task* yang paling sesuai.

Kemudian tahapan setelah penentuan nilai RPN adalah penentuan *maintenance task* dengan analisis konsekuensi kegagalan berdasarkan *Logis Tree Analysis*. Keputusan *maintenance task* dengan RCM II dibagi menjadi *proactive task* yang terdiri dari *on condition task* berupa pemantauan secara berkala dengan analisis interval menggunakan *potential failure* (PF), *schedule restoration task* yang berupa perbaikan secara berkala, dan *schedule discard task* yang berupa penggantian secara berkala. *Schedule restoration task* dan *schedule discard task* dilakukan tanpa melihat kondisi mesin atau komponen saat itu, interval perawatannya dapat ditentukan dengan mendefinisikan PF yaitu dengan analisis keandalan berdasarkan *equipment history card*. Selain *proactive task* terdapat *default action* yang berupa tindakan *no scheduled maintenance*.

Untuk mendefinisikan waktu PF, maka diperlukan data histori yang cukup untuk mengetahui pola distribusi kerusakan dari sebuah modus kegagalan. Uji distribusi dilakukan terhadap waktu antar kerusakan dan waktu lama perbaikan yang ada *equipment history card* dengan menggunakan software weibull ++9. Setelah didapatkan pola distribusinya, maka dapat ditentukan waktu interval PF atau biasa disebut *Mean Time to Failure* (MTTF). Kemudian dengan parameter-parameter biaya repair (Cr), biaya maintenance (Cm) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dapat ditentukan interval waktu maintenance yang optimal (TM) dengan meninjau dari segi minimasi biaya.

Ekspektasi total biaya pemeriksaan per siklus = (ongkos siklus baik x probabilitas terjadi siklus baik) + (Ongkos siklus gagal x probabilitas terjadi siklus gagal)  
 $= C_m \times R(t_i) + C_r \times [1-R(t_i)] \dots \dots \dots (1)$

Ekspektasi panjang siklus didapat dari persamaan  $t_i + T_i + Tr [1-R(t_i)]$ . Maka :

$$Tc(t_i) = \frac{C_m \times R(t_i) + C_r [1-R(t_i)]}{t_i + T_i + Tr [1-R(t_i)]} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- $t_i$  = Interval pemeriksaan
- $f(t)$  = Fungsi kepadatan kemungkinan
- $T_i$  = Waktu yang dibutuhkan untuk pemeriksaan
- $Tr$  = Waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan
- $R(t)$  = Fungsi keandalan
- $C_m$  = Biaya tiap pemeriksaan
- $C_r$  = Biaya tiap perbaikan

Ekspektasi Untuk menentukan waktu penggantian yang dapat meminimalkan total biaya operasi pada distribusi weibul dengan 3 parameter adalah :

$$T \approx \gamma + \eta \left[ \frac{1}{\beta - 1} x \frac{CM}{CR - CM} \right]^{\frac{1}{\beta}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- $\beta$  = beta = *shape parameter*
- $\eta$  = teta = *scale parameter*
- $\gamma$  = gamma = *location parameter*

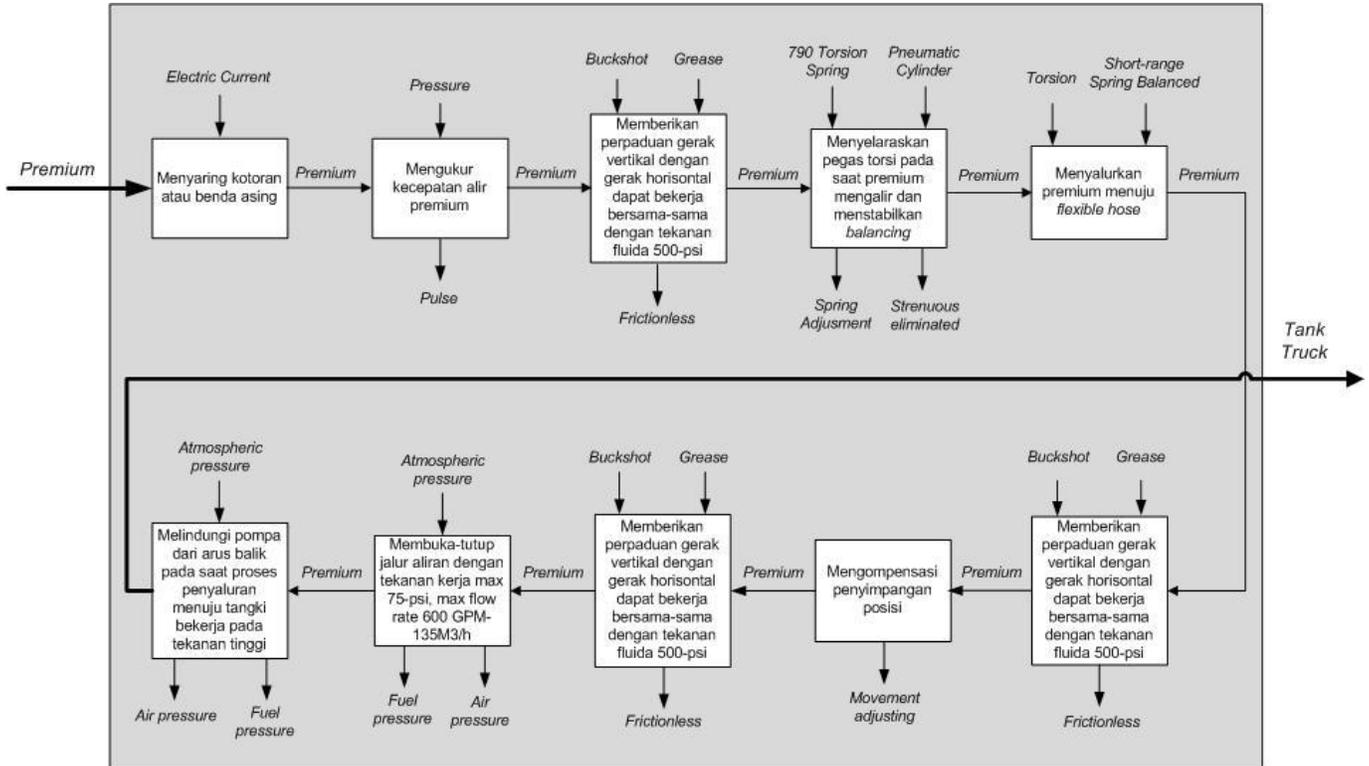
Pada persamaan model diatas terdapat elemen ongkos yang perlu didefinisikan yaitu ongkos siklus baik atau ongkos pemeriksaan dan ongkos siklus gagal atau ongkos akibat perbaikan (Jardine, 1973).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menjelaskan secara singkat tentang proses kerja pada sistem P1 *Filling Point* II *Filling Shed* I. Kemudian proses pengerjaan FMEA dapat dilakukan hingga akhirnya teridentifikasi 23 modus kegagalan baik yang sudah pernah terjadi maupun yang mempunyai potensi dapat terjadi. Hasil perhitungan nilai RPN didapatkan 2 modus memiliki nilai RPN tinggi dengan tingkat *occurrence* yang lebih

tinggi dari modus kegagalan lainnya. Modus tersebut adalah seal bottom swivel rusak dengan nilai RPN 168 dan gotri aus dengan nilai RPN

126. Kedua modus tersebut memiliki konsekuensi terhadap kondisi operasional pabrik.



Gambar 3. Functional Block Diagram Sistem P1 Filling Point II Filling Shed I

Kemudian, RCM II Decision Worksheet digunakan untuk menentukan dampak atau konsekuensi yang akan timbul jika terjadi kerusakan, dan tindakan proactive maintenance untuk mencegah atau meminimalisir dampak

yang timbul ketika terjadi kerusakan. Tabel 1 menunjukkan perencanaan kegiatan maintenance untuk sistem P1 Filling Point II Filling Shed I.

Tabel 1. Rencana Kegiatan Maintenance untuk Sistem P1 Filling Point II Filling Shed I

Modus Kegagalan	Rencana Kegiatan Maintenance
Strainer kotor	Do the on-condition task : Cek strainer
Gotri aus	Do the scheduled discard task : Penggantian gotri
Seal swivel rusak	Do the scheduled discard task : Penggantian seal swivel
Nipple rusak	Do the on-condition task : Cek nipple, grease
Packing swivel rusak	Do the on-condition task : Cek pipa, baut, swivel
Flange by flange bocor	Do the on-condition task : Cek pipa, baut, swivel
Gate valve tidak kedap	Do the on-condition task : Cek gate valve
Packing gate valve rusak	Do the on-condition task : Cek pipa, baut, valve
Gate valve rusak	Do the on-condition task : Cek valve

Penentuan interval pada *on condition task* dapat ditentukan dengan mendefinisikan dan analisis *potential failure* (PF) secara jelas, semakin detail analisis PF maka akan semakin teliti tingkat intervalnya, initial interval yang digunakan didapatkan dengan menghitung  $\frac{1}{2}$  interval PF. Untuk modus *seal bottom swivel rusak* dan gotri aus diberikan usulan kegiatan *maintenance* dengan *schedule discard task* karena waktu *potential failure* yang cukup dan data histori yang mencukupi. Pola distribusi kegagalan dari kedua modus tersebut adalah weibull 3 parameter. Nilai parameter beta komponen *seal bottom swivel* ( $\beta > 1$ ) adalah 1,256. Hal ini berarti bahwa komponen tersebut termasuk kedalam komponen *Increasing Failure Rate* (IFR), yaitu komponen yang fungsi kerusakannya akan meningkat seiring

bertambahnya umur komponen. Sedangkan nilai parameter beta komponen gotri ( $\beta < 1$ ) yaitu sebesar 0,397. Hal ini berarti bahwa komponen tersebut termasuk kedalam komponen *Decreasing Failure Rate* (DFR), yaitu komponen yang fungsi kerusakannya akan menurun dengan semakin lama komponen tersebut dipakai. Nilai tersebut dapat dijadikan dasar penentuan interval penggantian sebelum akhirnya terjadi kegagalan. Berikut ini adalah hasil perhitungan nilai *reliability* dan *probability of failure* waktu TM (interval penggantian optimal) dibandingkan nilai MTTF (*mean time to failure*).

**Tabel 2. Perbandingan Nilai Reliability TM dan MTTF Gotri dan Seal Bottom Swivel**

Modus	Parameter	Nilai	Reliability	Probability of Failure
Gotri aus	$T_M$	2861,200 jam	1	0
	MTTF	7776,792 jam	0,197	0,803
<i>Seal bottom swivel rusak</i>	$T_{M(NS)}$	1525,210 jam	0,994	0,006
	$T_{M(S)}$	1543,560 jam	0,990	0,010
	MTTF	3558,364 jam	0,401	0,599

Perbandingan biaya antara *maintenance* dengan *preventive maintenance* menggunakan

TM dengan *corrective maintenance* diberikan pada tabel berikut.

**Tabel 3. Perbandingan Ekspektasi Biaya Maintenance menggunakan Interval Penggantian/TM dengan Biaya Corrective Maintenance**

Komponen	Biaya Penerapan Interval Penggantian	Biaya Corrective Maintenance
Gotri	$T_{c(NS)} = \text{Rp } 165,275/\text{jam}$ $T_{c(S)} = \text{Rp } 165,275/\text{jam}$	$C_{r(NS)} = \text{Rp } 1.527.952.495/\text{breakdown}$ $C_{r(S)} = \text{Rp } 915.542.094,500/\text{breakdown}$
<i>Seal bottom swivel</i>	$T_{c(NS)} = \text{Rp } 2747,007 /\text{jam}$ $T_{c(S)} = \text{Rp } 2710,987 /\text{jam}$	$C_{r(NS)} = \text{Rp } 563.273.608,600/\text{breakdown}$ $C_{r(S)} = \text{Rp } 337.769.608,600/\text{breakdown}$

Dengan menggunakan waktu *maintenance* optimal ( $T_M$ ) ini, maka penggantian

pada komponen akan menjadi lebih efektif dan efisien sehingga dapat meminimalisir biaya yang

dikeluarkan untuk kegiatan *maintenance* dibandingkan dengan secara *corrective*.

## KESIMPULAN

1. Terdapat 23 modus kegagalan dalam sistem P1 *Filling Point II Filling Shed I*. Dari hasil penilaian risiko dengan RPN menunjukkan bahwa komponen kritis yang perlu mendapatkan prioritas adalah kerusakan fungsi (*functional failure*) pada gotri aus dengan nilai RPN 126 serta modus *seal bottom swivel* rusak dengan nilai RPN 168.
2. Kebijakan *maintenance* yang diusulkan untuk menghadapi modus-modus kegagalan didasarkan pada konsekuensi yang dihasilkan, adalah sebagai berikut :
  - a. Kebijakan *scheduled discard task* digunakan untuk menghadapi modus *seal bottom swivel* rusak dan gotri aus, karena telah dapat diidentifikasi waktu *probability of failure*-nya sehingga dapat ditentukan  $T_M$  yang optimal.
  - b. Untuk kebijakan *on-condition task* digunakan pada modus-modus yang memiliki kondisi PF yang jelas dan terukur, terdapat 8 modus yang menggunakan kebijakan ini.
  - c. Kebijakan *no-scheduled maintenance* diterapkan pada modus-modus yang belum dapat diidentifikasi secara detail dan konsisten kondisi PF-nya, serta untuk yang memiliki konsekuensi apapun bila terjadi kegagalan. Terdapat 13 modus yang diterapkan pada kebijakan ini.
3. Dalam penentuan interval untuk *maintenance task* jenis *on condition*, didasarkan pada *potensial failure* (PF). Untuk *maintenance task* jenis *scheduled discard task* yaitu pada

modus *seal bottom swivel* rusak dan gotri aus ditentukan dengan analisis keandalan untuk menentukan waktu *maintenance* optimal dengan mempertimbangkan biaya *maintenance* dan biaya perbaikan yang mempertimbangkan pula biaya *lost opportunity* akibat *downtime* sehingga terdapat  $T_M$  berdasarkan kehilangan omset penjualan premium non subsidi maupun bersubsidi, yaitu  $T_{M(NS)} = 1525,210$  jam dengan *reliability* sebesar 99,4% dan  $T_{M(S)} = 1543,560$  jam dengan *reliability* sebesar 99,9% untuk komponen *seal bottom swivel*. Dan gotri memiliki  $T_M$  yang sama berdasarkan perhitungan karena tidak dapat menjual premium non subsidi maupun bersubsidi, yaitu dengan  $T_M = 2861,200$  jam dengan *reliability* sebesar 100% untuk komponen gotri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ebeling, Charles E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore : Mc Graw Ltd.
- Gross, M. Jhon (2002). *Fundamental of Preventive Maintenance*. America : Book Division of American Management Association.
- Jardine, A.K.S. (1973). *Maintenance, Replacement and Reliability*. Department of Engineering Production Universitas of Birmingham.
- Moubray, John (2000). *Reliability Centered Maintenance II second Edition*. New York : Industria Press Inc.
- ReliaSoft Corporation (2014). *Weibull++9*. Arizona : ReliaSoft Corporation Worldwide Headquarters 1450 South Eastside Loop Tuscon.
- Smith, A.M., & Hoinchcliffe, G.R. (2004). *Reliability Centered Maintenance*. New York : McGraw-Hill Inc.