

***Reliability Centered Maintenance* di PT. X**

Olivia Sigit¹, Siana Halim¹

Abstract: The breakdown machines in the production process at PT. X especially in the Material Mixture Division are occurred quite often. During January to February 2015, those machines 23 times (22.5%) are breakdowns. Therefore, the objective of this research is to design the right maintenance strategy in particularly for machines which have longest downtime. Reliability Centered Maintenance (RCM) with Dempster-Shafer approach is used to solve this problem, since the company does not have historical data. As the results, replacement and condition based maintenance are chosen. Those strategies are the most appropriate and possible ones strategies to be applied in PT. X.

Keywords: maintenance, Reliability Centered Maintenance, theory of Dempster-Shafer, FMEA, maintenance strategy.

Pendahuluan

PT. X merupakan sebuah perusahaan manufaktur bergerak di bidang pembuatan perhiasan emas. Perusahaan mempunyai lima divisi untuk melakukan proses produksi dengan tugas yang berbeda-beda. Kelima divisi tersebut menggunakan bantuan mesin untuk melakukan proses produksi. Total frekuensi kerusakan yang terjadi di lima divisi tersebut selama Januari 2015 hingga Februari 2015 mencapai 102 kejadian. Divisi yang paling sering mengalami kerusakan mesin dari data tersebut adalah divisi Campur Bahan (CB), yaitu sebanyak 23 kali atau 22,5% dari data keseluruhan. Kerusakan pada mesin dapat mengakibatkan terjadinya *downtime* yang tidak diinginkan perusahaan. Perancangan metode perawatan yang tepat diharapkan dapat membantu untuk mencegah terjadinya *downtime* pada mesin. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan pendekatan Teori Dempster-Shafer. Pemilihan metode tersebut dikarenakan PT. X tidak memiliki data perawatan mesin yang detail.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang strategi perawatan yang tepat untuk mengatasi jenis kerusakan yang menyebabkan terjadinya *downtime* paling lama di Divisi Campur Bahan. Penelitian menggunakan data kerusakan mesin selama Januari hingga Februari 2015 yang ditangani dan disimpan oleh Divisi *Maintenance*. Penelitian dilakukan pada mesin yang terdapat pada Divisi Campur Bahan.

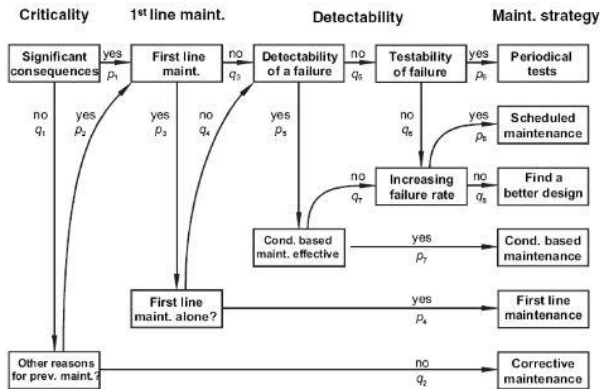
Metode Penelitian

Pembahasan yang ada pada penelitian ini adalah mengenai perancangan strategi perawatan (*maintenance*) yang tepat pada PT. X. *Maintenance* menurut Dhillon [1] adalah semua tindakan yang diperlukan untuk mempertahankan atau mengembalikan kondisi suatu barang/peralatan ke suatu kondisi tertentu yang sudah ditetapkan. Perancangan strategi diawali dengan menentukan jenis kerusakan yang paling banyak terjadi dengan diagram Pareto. Diagram Pareto menurut Basterfield [2] adalah salah satu tools yang biasa digunakan untuk menganalisa hal-hal yang bersifat prioritas dari suatu kejadian.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah terjadinya permasalahan terhadap produk dan proses (McDermott *et al.* [3]). Tabel FMEA mengidentifikasi jenis-jenis kerusakan, penyebab, dan dampak dari adanya kerusakan pada alat/mesin. Tabel FMEA juga digunakan untuk melakukan perhitungan RPN (*Risk Priority Number*), yaitu prioritas kegagalan yang memiliki tiga komponen, yaitu *occurrence*, *severity*, dan *detection*. *Occurrence* adalah frekuensi terjadinya kegagalan, sedangkan *severity* adalah tingkat keseriusan atau dampak dari sebuah kegagalan. Kemampuan untuk mendeteksi/mengetahui adanya kegagalan sebelum dampaknya terjadi disebut *detection*. Nilai RPN diperoleh dengan mengalikan nilai dari ketiga komponen tersebut. Jenis kerusakan dengan nilai RPN yang besar menunjukkan resiko yang tinggi

¹ Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: olivia93@outlook.com, halim@peter.petra.ac.id



Gambar 1. Diagram keputusan RCM

dan harus dilakukan suatu tindakan untuk mengeliminasi atau menguranginya.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) menurut Moubray [4] adalah sebuah proses menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan setiap aset fisik dapat berjalan sesuai keinginan pengguna dan konteks penggunaannya. Proses RCM menggunakan tujuh pertanyaan dasar mengenai aset atau sistem. Tujuh pertanyaan tersebut menurut Moubray [4] adalah apa fungsi dan kinerja standar dari suatu alat berdasarkan konteks kegunaannya (*function and performance standards*), kondisi seperti apa suatu aset dikatakan gagal untuk bekerja sesuai fungsinya (*functional failure*), apa penyebab terjadinya *functional failure* (*failure modes*), apa yang akan terjadi ketika terjadi kegagalan fungsi (*failure effects*), bagaimana konsekuensi dari kegagalan fungsi (*failure consequences*), apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan (*proactive tasks*), dan apa yang seharusnya dilakukan jika proses pencegahan dan penanganan dini tidak dapat ditemukan (*default action*). Tujuh pertanyaan tersebut menghasilkan diagram keputusan RCM. Diagram keputusan RCM terdiri dari delapan pertanyaan mengenai kegagalan komponen dan enam pilihan strategi perawatan. Jawaban setiap pertanyaan pada alur diagram dapat mengarahkan pada jenis perawatan yang tepat untuk masing-masing jenis kegagalan. Diagram keputusan RCM dapat dilihat pada Gambar 1.

Diagram keputusan RCM pada Gambar 1 dapat menjelaskan rumus yang digunakan. Nilai yang diharapkan dari pertanyaan x_i atau probabilitas staff ahli yang diwawancari akan menjawab “ya” untuk pertanyaan ke- i disebut p_i . Kebalikan dari p_i adalah $q_i = 1 - p_i$. Hasil keputusan dilambangkan dengan $r = (r_1, \dots, r_6)$ yang mewakili setiap strategi perawatan. Nilai r dihitung dengan menggunakan metode *event tree* dan dari Gambar 1 dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$r_1 = (p_1 + q_1 p_2) (q_3 + p_3 q_4) q_5 p_6 \tag{1}$$

$$r_2 = (p_1 + q_1 p_2) (q_3 + p_3 q_4) (q_5 p_6 + p_5 q_7) p_8 \tag{2}$$

$$r_3 = (p_1 + q_1 p_2) (q_3 + p_3 q_4) (q_5 p_6 + p_5 q_7) q_8 \tag{3}$$

$$r_4 = (p_1 + q_1 p_2) (q_3 + p_3 q_4) p_5 p_7 \tag{4}$$

$$r_5 = (p_1 + q_1 p_2) p_3 p_4 \tag{5}$$

$$r_6 = q_1 q_2 \tag{6}$$

dengan $r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + r_6 = 1$

Teori Dempster-Shafer

Teori Dempster-Shafer adalah teori yang menggambarkan penilaian fakta yang bersifat objektif dengan cara subjektif (Rakowsky [5]). DST berisi sistem yang menggunakan hipotesis, bukti-bukti, dan sumber data. Hipotesis mewakili seluruh kemungkinan keadaan yang terjadi, misalnya kesalahan pada suatu sistem. Bukti-bukti merupakan semua gejala atau peristiwa yang mungkin terjadi pada suatu sistem, misalnya kegagalan pada mesin. Kekuatan dari hipotesis dan bukti diukur dari pernyataan dari sumber data. Sumber data dapat berupa orang, organisasi, atau entitas lainnya yang dapat memberikan informasi. Sumber data yang biasa digunakan dalam teknik keamanan dan keandalan yaitu hasil dari studi empiris atau orang yang ahli pada bidang tertentu (pernyataan subjektif yang dapat diukur). Beberapa interpretasi yang digunakan dalam Teori Dempster-Shafer menurut Klir & Folger [6] adalah *basic assignment* $[m(A)]$, *belief* $[bel(A)]$, dan *plausibility* $[pl(A)]$. *Basic assignment* adalah derajat bukti bahwa elemen yang dimaksud merupakan bagian dari *set A* atau derajat kepercayaan suatu pernyataan terjamin. *Belief* adalah derajat kepercayaan (berdasarkan bukti) bahwa elemen yang dimaksud merupakan bagian dari *set A* dan *subset A*

$$Bel(A) = \sum_{B \subset A} m(B) \tag{7}$$

dan *plausibility* adalah derajat bukti bahwa elemen yang dimaksud merupakan bagian dari *set A*, atau *subset A*, atau yang *overlap* dengan *A*.

$$Pl(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B) \tag{8}$$

Bukti yang digunakan dapat berasal dari dua orang yang bersifat independen (misalnya, orang yang ahli di bidangnya) dan dilambangkan dengan m_1 dan m_2 . Bukti dari kedua orang tersebut selanjutnya dikombinasikan sesuai dengan aturan kombinasi Dempster sebagai berikut:

$$m_{1,2}(A) = \frac{\sum_{B \cap C = A} m_1(B) \cdot m_2(C)}{1 - \sum_{B \cap C = \emptyset} m_1(B) \cdot m_2(C)} \tag{9}$$

Derajat bukti $m_1(B)$ berasal dari orang pertama dan derajat bukti $m_2(C)$ berasal dari orang kedua. Keduanya dikombinasikan dengan cara mengalikan-

nya. Nilai A tidak boleh berupa himpunan kosong, karena jika kosong maka $m_{1,2}$ akan bernilai nol.

RCM dengan Pendekatan Teori Dempster-Shafer

Pengambilan keputusan berdasarkan pengalaman menyebabkan sumber data (orang yang ahli di bidangnya) merasa kesulitan untuk memberikan jawaban mutlak “ya” dan “tidak”. Solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah menggunakan RCM dengan pendekatan teori Dempster-Shafer atau biasa disingkat dengan DS-RCM.

Pertanyaan wawancara $i=1, \dots, n$ dari diagram keputusan RCM bersifat terpisah dan tidak saling bergantung (independen) pada keputusan yang lain. Set dari hipotesis berisi $\Omega_i = \{\text{“ya”}, \text{“tidak”}, \text{“ragu-ragu”}\}$, dimana $A_1 = \{\text{“ya”}\}$, $A_2 = \{\text{“tidak”}\}$, dan $A_3 = \{\text{“ragu-ragu”}\}$. Sumber data (l) harus memberikan tiga nilai tersebut untuk *basic assignment* $m_{i,k}(A_k)$, dimana $k = 1, 2, 3$ dari setiap pertanyaan i . Data tersebut berguna untuk menggambarkan derajat kepercayaan bahwa A_k adalah keputusan yang benar. Jawaban/keputusan sumber data dari tiap pertanyaan dituliskan dalam bentuk matriks M sebagai berikut:

$$M_i = \begin{pmatrix} m_{1,i}(A_1) & m_{1,i}(A_2) & m_{1,i}(A_3) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{i,i}(A_1) & m_{i,i}(A_2) & m_{i,i}(A_3) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{1,n}(A_1) & m_{1,n}(A_2) & m_{1,n}(A_3) \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$m_{1,i}(A_1) + m_{1,i}(A_2) + m_{1,i}(A_3) = 1$$

Kombinasi tiap hipotesis dari dua sumber data dituliskan dalam matriks C. Elemen dari matriks C yang merupakan perkalian dari jawaban “ya” dan “tidak” diberi nilai nol. Hal tersebut berguna untuk menghindari terjadinya kompleksitas perhitungan. Kombinasi hipotesis matriks C adalah sebagai berikut:

$$C_i = \begin{pmatrix} c_{1,1,i} & 0 & c_{1,3,i} \\ 0 & c_{2,2,i} & c_{2,3,i} \\ c_{3,1,i} & c_{3,2,i} & c_{3,3,i} \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} c_{1,1,i} &= m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_1) & c_{1,3,i} &= m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_1) \\ c_{2,2,i} &= m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_2) & c_{2,3,i} &= m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_2) \\ c_{3,1,i} &= m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_3) & c_{3,2,i} &= m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_3) \\ c_{3,3,i} &= m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_3) \end{aligned}$$

Focal sum $\sigma(i)$ merupakan penjumlahan semua elemen matriks C. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\sigma(i) = 1 - (m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_2) + m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_1)) \quad (12)$$

Kombinasi dari *basic assignment* $m_i(A_k)$ untuk jawaban “ya”, “tidak”, dan “ragu-ragu” adalah:

$$m_i(A_1) = \frac{m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_1) + m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_1) + m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_3)}{\sigma(i)} \quad (13)$$

$$m_i(A_2) = \frac{m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_2) + m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_2) + m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_3)}{\sigma(i)} \quad (14)$$

$$m_i(A_3) = \frac{m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_3)}{\sigma(i)} \quad (15)$$

Perhitungan $m_i(A_k)$ membantu pengukuran bukti (*evidence*) untuk keputusan “ya”, “tidak”, dan “ragu-ragu”. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$bel_i(A_1) = m_i(A_1), \quad pl_i(A_1) = m_i(A_1) + m_i(A_3) \quad (16)$$

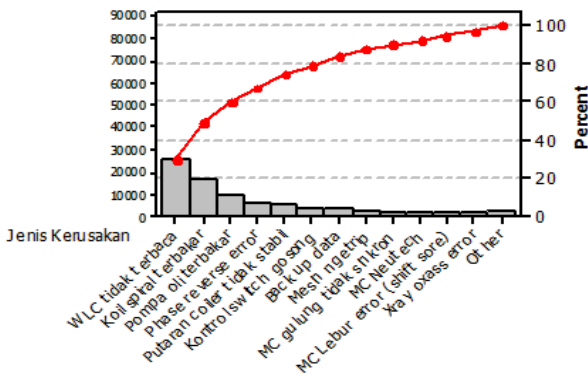
$$bel_i(A_2) = m_i(A_2), \quad pl_i(A_2) = m_i(A_2) + m_i(A_3) \quad (17)$$

Perhitungan Teori Dempster-Shafer berhenti setelah mendapatkan nilai *belief* dan *plausibility*. Ukuran bukti (*evidence*) digunakan sebagai batas dukungan minimum (*lower bound*) $I_{i,1} = [bel_i(A_1) ; pl_i(A_1)]$ dan maksimum (*upper bound*) $I_{i,2} = [bel_i(A_2) ; pl_i(A_2)]$ sebagai *interval*. Langkah selanjutnya adalah menghitung bobot strategi perawatan untuk mendapatkan strategi perawatan yang tepat untuk masing-masing jenis kegagalan

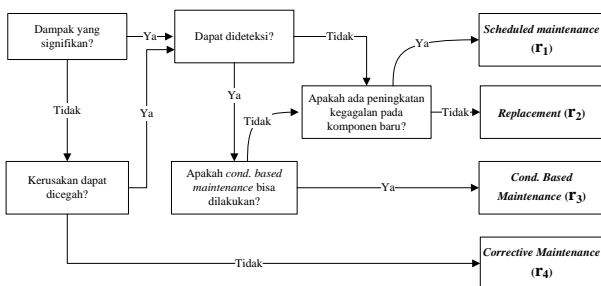
Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan adalah data kerusakan mulai bulan Januari hingga Februari 2015. Data tersebut menunjukkan kerusakan banyak terjadi di Divisi Campur Bahan. Langkah selanjutnya adalah menentukan jenis kerusakan yang menyebabkan terjadinya *downtime* paling lama.

Hasil diagram Pareto pada Gambar 2 menunjukkan bahwa 20% penyebab masalah terbanyak yang harus diselesaikan adalah WLC tidak terbaca, koil spiral terbakar, pompa oli terbakar, *phase reverse error*, putaran *coiler* tidak stabil, dan kontrol *switch* gosong. Langkah selanjutnya adalah menganalisa tiap jenis kerusakan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan mencari nilai RPN. Tahap berikutnya adalah membuat diagram keputusan RCM yang diawali dengan menentukan strategi perawatan yang diterapkan oleh perusahaan. Diagram RCM yang sesuai kondisi di lapangan dapat menentukan pertanyaan yang akan diberikan saat wawancara kepada *staff* ahli.



Gambar 2. Diagram Pareto



Gambar 3. Diagram RCM perusahaan

Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat lima macam pertanyaan dan empat strategi perawatan yang mungkin dilakukan perusahaan. Urutan pertanyaan berdasarkan Gambar 3 adalah apakah kerusakan memiliki dampak yang signifikan terhadap fungsi sistem, apakah kerusakan dapat dicegah sebelum terjadi, apakah kerusakan dapat dideteksi, apakah *condition based maintenance* bisa dilakukan untuk menghindari terjadinya kegagalan atau kerusakan komponen, apakah ada kecenderungan bahwa komponen baru menunjukkan lebih banyak kegagalan daripada yang lama. Empat strategi perawatan yang dilakukan perusahaan dan sesuai dengan diagram keputusan RCM adalah *scheduled maintenance* (r_1), *replacement* (r_2), *condition based maintenance* (r_3), dan *corrective maintenance* (r_4).

Pertanyaan-pertanyaan yang telah dibuat selanjutnya ditanyakan kepada dua *staff* ahli untuk masing-masing jenis kerusakan. *Staff* ahli yang dipilih adalah Bapak Joko (*foreman* elektronika) dan Bapak Siswanto (teknisi elektronika). Wawancara terhadap dua *staff* ahli dilakukan pada waktu yang berbeda, sehingga data dapat diasumsikan independen antara yang satu dengan yang lainnya. Jawaban dari wawancara harus berupa prosentase jawaban “ya”, “tidak”, dan “ragu-ragu” yang bernilai total 100%. Jawaban kedua *staff* ahli dituliskan dalam matriks M_1 dan M_2 . Contoh jawaban hasil wawancara untuk jenis kerusakan WLC tidak terbaca dapat dilihat sebagai berikut:

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,05 & 0,15 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0,7 & 0,3 \\ 0,05 & 0,9 & 0,05 \\ 0,2 & 0,8 & 0 \end{pmatrix} \quad M_2 = \begin{pmatrix} 0,9 & 0,05 & 0,05 \\ 0,75 & 0,25 & 0 \\ 0 & 0,9 & 0,1 \\ 0,1 & 0,9 & 0 \\ 0,35 & 0,65 & 0 \end{pmatrix}$$

Jawaban dari kedua *staff* ahli bersifat subjektif (menurut pendapat mereka masing-masing), sehingga jawaban tidak akan selalu sama. Hal tersebut yang menyebabkan jawaban dari kedua orang tersebut harus dikombinasikan dalam matriks C_i . Indeks i menunjukkan pertanyaan ke- i , sehingga Indeks i menunjukkan pertanyaan ke- i , sehingga setiap pertanyaan mempunyai satu matriks C . *Focal sum* $\sigma(i)$ merupakan penjumlahan semua elemen matriks C untuk pertanyaan ke- i , tanpa elemen dari perkalian jawaban “ya” dan “tidak”. Berikut merupakan salah satu perhitungan matriks C untuk pertanyaan pertama (apakah kerusakan memiliki dampak yang signifikan terhadap fungsi sistem) pada jenis kerusakan WLC tidak terbaca:

$$C_1 = \begin{pmatrix} 0,72 & 0,045 & 0,135 \\ 0,04 & 0,003 & 0,008 \\ 0,04 & 0,003 & 0,008 \end{pmatrix}$$

$$\text{Focal sum } (\sigma) \\ \sigma = 1 - 0,045 - 0,04 = 0,915$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *basic assignment* $m_i(A_k)$ untuk masing-masing jawaban. Indeks $k=1$ menunjukkan jawaban “ya”, $k=2$ menunjukkan jawaban “tidak”, dan $k=3$ menunjukkan jawaban “ragu-ragu”.

$$m_1(A_1) = \frac{0,8 \times 0,9 + 0,15 \times 0,9 + 0,8 \times 0,05}{0,915} = 0,978$$

$$m_1(A_2) = \frac{0,05 \times 0,05 + 0,15 \times 0,05 + 0,05 \times 0,05}{0,915} = 0,014$$

$$m_1(A_3) = \frac{0,15 \times 0,05}{0,915} = 0,008$$

Perhitungan yang dilakukan selanjutnya adalah mencari nilai *belief* dan *plausibility*. Berikut contoh perhitungan *belief* dan *plausibility* dari pertanyaan pertama untuk jenis kerusakan WLC tidak terbaca:

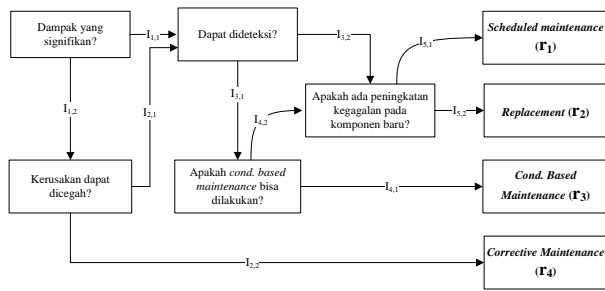
$$bel_1(A_1) = 0,978$$

$$pl_1(A_1) = 0,978 + 0,008 = 0,986$$

$$bel_1(A_2) = 0,014$$

$$pl_1(A_2) = 0,014 + 0,008 = 0,022$$

Penentuan strategi perawatan yang tepat untuk masing-masing jenis kerusakan dapat dilakukan dengan cara pembobotan strategi perawatan. Pembobotan dilakukan dengan menentukan batas dukungan minimum dan maksimum. Strategi perawatan



Gambar 4. Diagram RCM dengan notasi interval

yang dipilih adalah strategi perawatan dengan nilai batas dukungan minimum dan maksimum yang terbesar. Rumus pembobotan antar strategi perawatan disesuaikan dengan alur pertanyaan yang mengarah ke salah satu strategi pada diagram keputusan RCM. Notasi interval yang digunakan adalah sebagai berikut:

$I_{i,1}$ → merupakan interval untuk jawaban “ya” dari pertanyaan ke-i

$I_{i,2}$ → merupakan interval untuk jawaban “tidak” dari pertanyaan ke-i

Dimana:

$$I_{i,1} = [beli(A_1) ; pl_i(A_1)]$$

$$I_{i,2} = [beli(A_2) ; pl_i(A_2)]$$

Notasi interval selanjutnya dimasukkan ke dalam diagram keputusan RCM yang telah dibuat pada Gambar 3 untuk mempermudah penentuan rumus pembobotan. Panah yang menunjukkan jawaban “ya” dari pertanyaan ke-i diganti dengan “ $I_{i,1}$ ” dan panah yang menunjukkan jawaban “tidak” dari pertanyaan ke-i diganti dengan “ $I_{i,2}$ ”. Diagram keputusan RCM yang telah diberi notasi interval dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 dapat digunakan untuk menentukan rumus pembobotan untuk masing-masing strategi perawatan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Strategi } r_1 = (I_{1,2} \times I_{2,1} + I_{1,1}) \times (I_{3,1} \times I_{4,2} + I_{3,2}) \times I_{5,1}$$

$$\text{Strategi } r_2 = (I_{1,2} \times I_{2,1} + I_{1,1}) \times (I_{3,1} \times I_{4,2} + I_{3,2}) \times I_{5,2}$$

$$\text{Strategi } r_3 = (I_{1,2} \times I_{2,1} + I_{1,1}) \times I_{3,1} \times I_{4,1}$$

$$\text{Strategi } r_4 = I_{1,2} \times I_{2,2}$$

Hasil perhitungan pembobotan strategi perawatan untuk jenis kerusakan WLC tidak terbaca adalah sebagai berikut:

$$r_1 = [0,114 ; 0,123]$$

$$r_2 = [0,845 ; 0,909]$$

$$r_3 = [0 ; 0]$$

$$r_4 = [0,004 ; 0,006]$$

Contoh perhitungan pembobotan strategi perawatan untuk jenis kerusakan WLC tidak terbaca menunjukkan bahwa strategi perawatan yang

dipilih adalah r_2 (*replacement*), dikarenakan memiliki nilai batas dukungan minimum dan maksimum yang paling besar. Hasil perhitungan untuk lima jenis kerusakan lainnya adalah strategi perawatan *replacement* (r_2) dan *condition based maintenance* (r_3).

Replacement merupakan strategi perawatan yang dilakukan untuk jenis kerusakan WLC tidak terbaca, *phase reverse error*, putaran *coiler* tidak stabil, dan kontrol *switch* gosong. *Replacement* secara umum dapat diterapkan di perusahaan, karena perusahaan juga sebelumnya telah menerapkan hal tersebut. Kerusakan komponen-komponen tersebut tidak dapat diperbaiki, oleh sebab itu strategi perawatan yang dipilih adalah *replacement*. Komponen yang rusak akan diganti dengan komponen baru agar mesin dapat berjalan kembali.

Condition based maintenance diterapkan pada jenis kerusakan koil spiral terbakar dan pompa oli terbakar. Strategi perawatan ini memerlukan kesediaan dari operator yang menjalankan mesin maupun orang-orang Divisi *Maintenance* untuk melakukan tindakan perbaikan ketika muncul gejala terjadinya kerusakan pada komponen mesin. *Condition based maintenance* secara umum dapat diterapkan di PT. X, karena metode perawatan yang diterapkan perusahaan mendukung hal tersebut. Metode perawatan yang telah diterapkan perusahaan adalah *autonomous maintenance* dan *planned maintenance*. *Autonomous maintenance* yang dilakukan berupa operator yang menjalankan mesin diperbolehkan untuk memperbaiki mesin yang rusak, dan apabila tidak bisa maka operator akan melaporkan kepada atasannya. *Planned maintenance* yang dilakukan berupa penggantian koil spiral tiap tiga bulan sekali untuk jenis kerusakan koil spiral terbakar.

Jenis kerusakan koil spiral terbakar dan pompa oli terbakar dapat diatasi dengan strategi perawatan *condition based maintenance*, karena kerusakan dapat dicegah dengan melihat gejala yang muncul sebelum terjadi kerusakan. Akibat yang muncul ketika terjadi permasalahan koil spiral terbakar adalah selang asbes menjadi aus dan isolator akan menempel. Hal tersebut dapat digunakan untuk mengetahui gejala sebelum terjadi kerusakan, yaitu kondisi selang asbes yang terlihat mulai terkikis. Jenis kerusakan pompa oli terbakar dapat dilihat dari gejala yang timbul, yaitu oli yang terletak pada tempat penampungan mulai terlihat kotor. Adanya gejala tersebut dapat mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah dengan cara mengganti oli yang sudah kotor tersebut.

Simpulan

Upaya pencegahan terjadinya *downtime* pada mesin dapat dilakukan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan pendekatan Teori Dempster-Shafer. Permasalahan yang diteliti adalah kerusakan mesin di Divisi Campur Bahan dan dengan menggunakan diagram Pareto diperoleh enam jenis kerusakan dengan *downtime* paling lama. Jenis kerusakan yang diteliti adalah WLC tidak terbaca, koil spiral terbakar, pompa oli terbakar, *phase reverse error*, putaran *coiler* tidak stabil, dan kontrol *switch* gosong.

Jenis kerusakan WLC tidak terbaca, *phase reverse error*, putaran *coiler* tidak stabil, dan kontrol *switch* gosong dirawat dengan menggunakan strategi perawatan *replacement*. Strategi tersebut secara umum dapat diterapkan di perusahaan, karena perusahaan juga sebelumnya telah menerapkan hal tersebut. Komponen-komponen mesin yang rusak tersebut tidak dapat diperbaiki, sehingga solusi yang dilakukan agar mesin dapat berjalan kembali adalah dengan mengganti komponen yang lama menjadi komponen yang baru.

Condition based maintenance merupakan solusi untuk jenis kerusakan koil spiral terbakar dan pompa oli terbakar. Strategi tersebut secara umum dapat diterapkan di PT. X, karena metode perawatan yang diterapkan perusahaan mendukung hal tersebut. Metode perawatan yang telah

diterapkan perusahaan adalah *autonomous maintenance* dan *planned maintenance*. Kemungkinan lain strategi ini dapat diterapkan, karena kerusakan dapat dicegah dengan melihat gejala yang muncul sebelum terjadi kerusakan. Jenis kerusakan koil spiral terbakar dapat dicegah dengan melihat gejala yang muncul, yaitu kondisi selang asbes yang terlihat mulai terkikis. Jenis kerusakan pompa oli terbakar dapat dilihat dari gejala yang ditimbulkan, yaitu oli di tempat penampungan mulai kelihatan kotor.

Daftar Pustaka

1. Dhillon, B., *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*, Taylor & Francis Group, London, 2006.
2. Basterfield, D., *Quality Control (7th ed)*, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004.
3. McDermott, R. E., Mikulak, R. J., and Beauregard, R. M., *The Basics of FMEA*, Productivity Press, New York, 1996.
4. Moubray, J., *Reliability Centered Maintenance 2nd ed*, Industrial Press, New York, 1997.
5. Rakowsky, U.K., *Fundamentals of the Dempster-Shafer Theory and Its Applications to System Safety and Reliability Modelling*, Special Issue, 2007, pp. 173-185.
6. Klir, G., and Folger, T., *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*, Prentice Hall, New Jersey, 1988.