

Perancangan Strategi Perawatan dengan *Reliability Centered Maintenance* di PT. X

Tan Didik Wardoyo Tanusi¹, Siana Halim¹

Abstract: In 2013 PT. X experienced downtime frequently. Some of the failures that lead to the downtime are broken shaft helical gear, broken fan funnel axle, broken long axle; broken worm, worn down drig laker, and worn down blade. The maintenance strategy in the company has not covered all failures specifically. Thus, this project is Reliability Centered Maintenance Method (RCM) with Dempster-Shafer approach which covers those failures. It was found that condition based maintenance is the best strategy for maintaining each failure. This strategy is easily to apply since the company has implemented autonomous and planned maintenance.

Keywords: Reliability centered maintenance, Dempster-Shafer approach, condition based maintenance.

Pendahuluan

Penelitian mengenai perancangan strategi perawatan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan menggunakan pendekatan Dempster-Shafer telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan [6] menyatakan bahwa sistem *maintenance* yang tepat untuk mengurangi *lost time* yang diakibatkan kerusakan mesin NH50C di *crank case line* PT. Kubota Indonesia adalah dengan *breakdown maintenance* dan *re-install*. Penelitian lain tentang penggunaan metode RCM dengan pendekatan Dempster-Shafer juga dilakukan oleh Sumawi [8] yang menyatakan bahwa strategi perawatan yang tepat digunakan untuk mesin *double end* di PT. Integra Indokabinet adalah *scheduled maintenance*, *re-install part*, dan *condition based maintenance*.

Penelitian ini juga menggunakan metode RCM dengan pendekatan Dempster-Shafer yang diterapkan di PT. X. PT. X merupakan perusahaan pengolahan bahan baku kelapa dan kelapa sawit menjadi minyak makan. Selama tahun 2013, PT. X mengalami banyak kerusakan di *plant 1* yang berakibat pada *downtime* yang lama juga. Kerusakan-kerusakan tersebut ada yang mempunyai rata-rata *downtime* lama dan berpengaruh terhadap proses produksi menurut *supervisor* produksi *plant 1*. Kerusakan-kerusakan tersebut adalah *shaft helical gear* hancur, as kipas corong putus, as panjang putus, *worm* pecah, drig laker aus, dan pisau aus.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang strategi perawatan yang tepat untuk jenis kerusakan *shaft helical gear* hancur, as kipas corong putus, as panjang putus, *worm* pecah, drig laker aus, dan pisau aus. Penelitian ini menggunakan data historis yang tersedia selama tahun 2013.

Metode Penelitian

Pembahasan yang ada pada penelitian ini adalah mengenai perancangan strategi perawatan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Perancangan diawali dengan melakukan identifikasi awal menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA digunakan karena dapat menjelaskan rincian dari jenis kerusakan yang ada seperti dampak kerusakan, penyebab kerusakan, resiko, dan tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan tersebut. Metode perawatan RCM mempunyai banyak pendekatan, salah satunya yaitu dengan Teori Dempster-Shafer. Pada tahap awal dilakukan wawancara pada staff ahli. Pertanyaan-pertanyaan pada wawancara ini didasarkan pada Teori Dempster-Shafer, sedangkan para ahli tersebut memberikan bobot pada jawaban yang mengarah pada strategi perawatan yang akan terpilih. Pendekatan ini digunakan agar dapat menjelaskan ketidakpastian responden dalam memberikan alasan pada jawabannya.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA menurut McDermott [3] adalah metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah suatu produk atau proses terjadi masalah. FMEA berfokus pada pencegahan kegagalan dan meningkatkan keselamatan. Tujuan dari

¹ Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: didik.tanusi@yahoo.com, sianahalim@peter.petra.ac.id

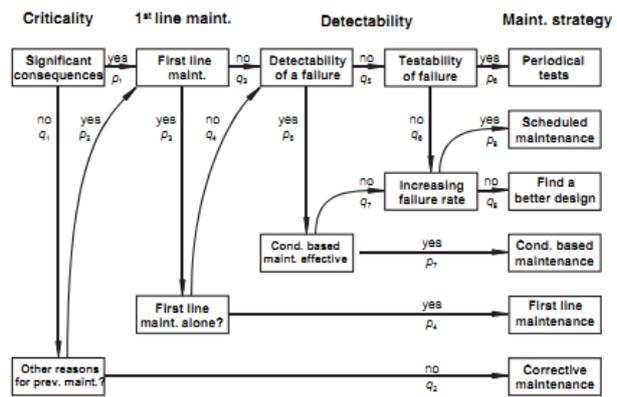
FMEA menurut Stephens [7] adalah untuk mengidentifikasi kegagalan yang mungkin terjadi, menentukan dampak yang akan terjadi pada keseluruhan proses atau sistem, dan memberikan usulan solusi untuk menghilangkan kegagalan-kegagalan yang mungkin terjadi tersebut..

Maintenance (Perawatan)

Perawatan menurut Stephens [7] adalah semua aktivitas yang dilakukan untuk menjaga sistem dan semua komponen yang ada agar tetap berjalan sesuai perintahnya. Perawatan mempunyai beberapa metode untuk menjalankannya, salah satunya yaitu dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM menurut August [1] adalah metode perawatan yang prosesnya dimulai dari mengetahui tujuan, kebutuhan, dan peralatan yang ada di suatu perusahaan, kemudian mengembangkan strategi perawatan untuk mengoptimalkan hasil agar dapat mencapai tujuan. Tahun 1960 hingga 1970 Tom Matteson, Howard Heap, dan Stanley Nowlan yang merupakan konsultan perusahaan penerbangan Boeing milik United Airlines melakukan penelitian mengenai pola kegagalan tiap komponen pesawat. Mereka mengamati pola kegagalan tersebut dan ternyata kurva kegagalan di industri pesawat terbang yang mereka temukan tidak berbentuk *bath up* (kurva bak mandi) saja. Berasal dari penemuan tersebut, maka mereka mengembangkan metode RCM untuk mengetahui strategi *maintenance* apa yang paling cocok digunakan.

Proses RCM perlu menanyakan tujuh pertanyaan tentang sistem atau alat yang akan dibahas. Pertanyaan tersebut menurut Moubray [4] yaitu apa fungsi dan kinerja standar dari suatu alat berdasarkan fungsi kegunaannya (*function and performance standards*), bagaimana alat itu gagal melakukan fungsinya (*functional failure*), hal-hal apa saja yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi suatu alat (*failure modes*), apa yang akan terjadi ketika terjadi kegagalan fungsi (*failure effects*), bagaimana konsekuensi dari kegagalan fungsi (*failure consequences*), apa yang bisa dilakukan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan tersebut (*proactive tasks*), apa yang seharusnya dilakukan jika proses pencegahan dan penanganan dini tidak dapat ditemukan (*default action*).

Tujuh pertanyaan pokok tersebut dapat membantu untuk menghasilkan diagram keputusan RCM. Diagram keputusan RCM terdiri dari pertanyaan mengenai kegagalan komponen dan pilihan strategi yang ada. Hasil dari diagram keputusan RCM dapat membantu untuk menentukan strategi perawatan yang tepat untuk setiap jenis kegagalan. Diagram keputusan RCM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram keputusan RCM

Teori Dempster-Shafer

Teori Dempster-Shafer menurut Rakowsky [5] merupakan teori probabilitas yang berdasarkan pada semua hipotesis, fakta-fakta, dan sumber data. Interpretasi yang digunakan dalam Teori Dempster-Shafer menurut Klir dan Folger [2] adalah *basic assignment* $m(A)$, ukuran dari $m(A)$ adalah derajat bukti bahwa elemen dalam pertanyaan merupakan bagian dari set A, *belief* $[bel(A)]$, ukuran dari $bel(A)$ adalah derajat bukti bahwa elemen dalam pertanyaan merupakan bagian dari set A

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \tag{1}$$

dan *plausibility* $[pl(A)]$, besarnya nilai $pl(A)$ merupakan derajat bukti bahwa elemen dalam pertanyaan merupakan bagian dari set A

$$Pl(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B) \tag{2}$$

Fakta-fakta yang berasal dari dua sumber asli yang berbeda (m_1 dan m_2) harus dikombinasikan agar menghasilkan *basic assignment* $m_{1,2}$. Teori ini mengusulkan aturan kombinasi Dempster untuk mengkombinasikan dua sumber tersebut, yaitu:

$$m_{1,2}(A) = \frac{\sum_{B \cap C = A} m_1(B) \cdot m_2(C)}{1 - \sum_{B \cap C = \emptyset} m_1(B) \cdot m_2(C)} \tag{3}$$

$m_1(B)$ merupakan derajat bukti dari sumber pertama dan $m_2(C)$ adalah derajat bukti dari sumber kedua yang kemudian dikombinasikan dengan mengalikan keduanya dengan fokus pada perpotongan $B \cap C$. Penyebut yang ada pada persamaan 3 merupakan jumlah selisih antara kedua set.

Penggunaan RCM dengan Teori Dempster-Shafer

Keputusan $i=1, \dots, n$ dari diagram keputusan RCM

bersifat terpisah dan tidak saling bergantung pada keputusan yang lain. Set dari hipotesis terdiri dari $\Omega_i = \{\text{"ya"}, \text{"tidak"}\}$, dimana $A_1 = \{\text{"ya"}\}$, $A_2 = \{\text{"tidak"}\}$, dan $A_3 = \{\text{"ragu-ragu"}\}$. Sumber data (I) harus memberikan tiga nilai tersebut untuk *basic assignment* $m_{i,k}(A_k)$, dimana $k=1, 2, 3$ dari setiap keputusan i . Data tersebut mewakili derajat kepercayaan bahwa A_k adalah keputusan yang benar. Hasil penilaian dari sumber data dituliskan dalam bentuk matriks M sebagai berikut:

$$M_i = \begin{pmatrix} m_{i,1}(A_1) & m_{i,1}(A_2) & m_{i,1}(A_3) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{i,i}(A_1) & m_{i,i}(A_2) & m_{i,i}(A_3) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{i,n}(A_1) & m_{i,n}(A_2) & m_{i,n}(A_3) \end{pmatrix} \quad (4)$$

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

Hipotesis dari dua sumber data atau ahli tersebut kemudian dikombinasikan dalam matriks C. Kombinasi dari jawaban "ya" dan "tidak" pada matriks C dinolkan untuk menghindari kekompleksan perhitungan. Kombinasi dari kedua jawaban tersebut sudah tergabung dalam perhitungan kombinasi untuk jawaban "ragu-ragu". Matriks C untuk kombinasi kedua sumber data adalah sebagai berikut:

$$C_i = \begin{pmatrix} c_{1,1,i} & 0 & c_{1,3,i} \\ 0 & c_{2,2,i} & c_{2,3,i} \\ c_{3,1,i} & c_{3,2,i} & c_{3,3,i} \end{pmatrix} \quad (5)$$

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

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

$$\sigma(i) = 1 - (m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_2) + m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_1)) \quad (6)$$

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

$$m_i(A_1) = \frac{m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_1) + m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_1) + m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_3)}{\sigma(i)} \quad (7)$$

$$m_i(A_2) = \frac{m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_2) + m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_2) + m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_3)}{\sigma(i)} \quad (8)$$

$$m_i(A_3) = \frac{m_{1,i}(A_3) m_{2,i}(A_3)}{\sigma(i)} \quad (9)$$

Menggunakan $m_i(A_k)$ yang sudah diberikan di atas, pengukuran bukti (*evidence*) untuk keputusan "ya", "tidak", dan "ragu-ragu" adalah sebagai berikut:

$$bel_i(A_1) = m_i(A_1), \quad pli(A_1) = m_i(A_1) + m_i(A_3) \quad (10)$$

$$bel_i(A_2) = m_i(A_2), \quad pli(A_2) = m_i(A_2) + m_i(A_3) \quad (11)$$

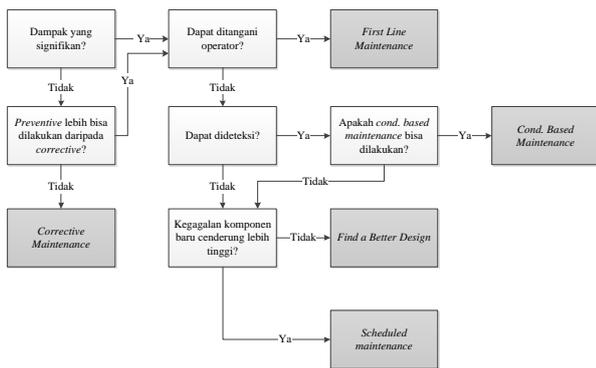
Perhitungan Teori Dempster-Shafer berakhir setelah menghitung persamaan 10 dan 11. Ukuran bukti (*evidence*) digunakan sebagai batas dukungan minimum $I_{i,1} = [bel_i(A_1) ; pli(A_1)]$ dan maksimum $I_{i,2} = [bel_i(A_2) ; pli(A_2)]$ sebagai interval.

Perhitungan pembobotan strategi perawatan dilakukan setelah menghitung interval. Rumus yang digunakan untuk menghitung pembobotan strategi perawatan berbeda-beda, karena tergantung dari bentuk dan hubungan yang ada pada diagram RCM yang digunakan.

Hasil dan Pembahasan

Jenis-jenis kerusakan tersebut adalah *shaft helical gear* hancur, as kipas corong putus, as panjang putus, *worm* pecah, drig laker aus, dan pisau aus dan enam jenis kerusakan tersebut telah ditetapkan oleh pihak perusahaan untuk dianalisa potensial atau dampak kegagalannya. Analisa dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA ini berfungsi untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan dan menganalisa tindakan-tindakan korektif yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan tersebut. RPN (*Risk Priority Number*) pada FMEA menjelaskan tentang tingkat prioritas dari resiko kegagalan yang terjadi. Perhitungan RPN yaitu dengan mengalikan kolom *occurrence*, *severity*, dan *detection*. Tiga jenis angka tersebut didapat dengan menanyakan pada *staff* bagian mekanik.

Analisa RCM dimulai dengan melakukan wawancara kepada *staff* ahli atau bagian mekanik yang melakukan perbaikan atas kerusakan-kerusakan yang terjadi. Pertanyaan-pertanyaan untuk wawancara ini dibuat berdasarkan diagram keputusan RCM dan ditanyakan untuk setiap jenis kerusakan. Diagram RCM yang digunakan dalam proses wawancara dapat dilihat pada Gambar 2. Pertanyaan berdasarkan pada Gambar 2 berjumlah enam buah untuk setiap jenis kerusakan. Urutan pertanyaan berdasarkan diagram RCM pada Gambar 2 adalah apakah kerusakan tersebut sangat berdampak pada fungsi sistem, apakah kerusakan tersebut dapat langsung ditangani oleh operator, apakah *preventive maintenance* lebih bisa dilakukan daripada *corrective maintenance*, apakah kerusakan dapat dideteksi, apakah *condition based maintenance* bisa dilakukan untuk menghindari terjadinya



Gambar 2 Diagram RCM

kegagalan atau kerusakan komponen, apakah ada kecenderungan bahwa komponen baru menunjukkan lebih banyak kegagalan daripada komponen lama.

Jawaban dari *staff* ahli berdasarkan dari hasil identifikasi FMEA khususnya dengan melihat nilai *severity*. Jawaban dari pertanyaan diagram RCM berguna untuk mendapatkan nilai probabilitas *basic assignment* dari jawaban “ya”, “tidak”, dan “ragu-ragu”. Nilai-nilai tersebut akan diolah untuk mendapatkan hasil pembobotan minimum dan maksimum. Bobot minimum dan maksimum akan menentukan strategi perawatan yang terpilih dari diagram RCM untuk setiap jenis kerusakan. Strategi perawatan yang terpilih adalah strategi dengan bobot minimum dan maksimum terbesar. Strategi perawatan yang digunakan dari diagram keputusan RCM sesuai urutannya, yaitu *first line maintenance* (R_1), *corrective maintenance* (R_2), *condition based maintenance* (R_3), *re-design* (R_4), *scheduled maintenance* (R_5).

Wawancara dilakukan kepada dua orang, yaitu Bapak Muslimin sebagai *team leader* bagian perbaikan dan Bapak Ulum sebagai *supervisor workshop* (mekanik). Wawancara dilakukan pada hari dan tempat yang berbeda, sehingga data dapat diasumsikan independen. Hasil wawancara ditulis dalam matriks M_1 dan M_2 . Matriks M_1 merupakan jawaban orang pertama, dan matriks M_2 adalah jawaban orang kedua. Jumlah baris pada matriks M menunjukkan nilai probabilitas untuk pertanyaan pertama hingga keenam. Kolom pada matriks M menunjukkan probabilitas jawaban “ya”, “tidak”, dan “ragu-ragu”. Contoh jawaban hasil wawancara untuk jenis kerusakan *shaft helical gear* hancur dapat dilihat pada matriks M_1 dan M_2 .

Jawaban tersebut kemudian diolah dengan menggunakan teori Dempster-Shafer. Pengolahan data

$$M_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0,75 & 0,25 & 0 \\ 0,85 & 0,15 & 0 \\ 0,6 & 0,4 & 0 \end{pmatrix}$$

$$M_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0,3 & 0 \\ 0,75 & 0,25 & 0 \end{pmatrix}$$

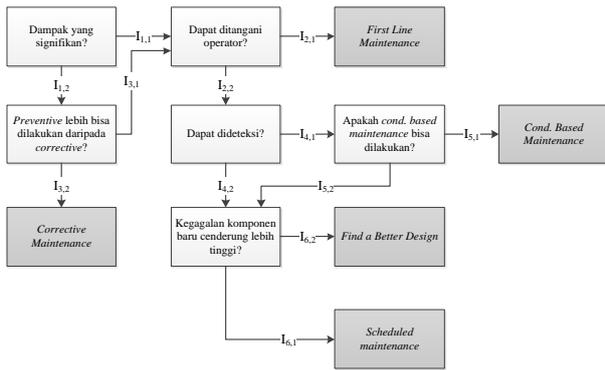
dilakukan pada masing-masing pertanyaan untuk setiap jenis kerusakan. Hasil wawancara yang dilakukan pada dua *staff* ahli tersebut bersifat subjektif, sehingga ada beberapa jawaban yang hasilnya tidak sama. Kedua jawaban tersebut perlu dikombinasikan terlebih dahulu. Hasil dari kombinasi kedua jawaban dituliskan dalam matriks C_i , dimana $i=1, \dots, 6$. Indeks i menjelaskan pertanyaan ke i , sehingga setiap pertanyaan mempunyai satu matriks C , dan setiap jenis kerusakan mempunyai enam matriks C_i . Perhitungan *focal sum* (σ) dilakukan pada setiap matriks kombinasi. *Focal sum* merupakan hasil perjumlahan semua elemen matriks C , namun hasil perkalian antara jawaban “ya” dan “tidak” tidak ikut ditambahkan ($1 - (m_{1,i}(A_1) m_{2,i}(A_2) + m_{1,i}(A_2) m_{2,i}(A_1))$). Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan matriks kombinasi untuk pertanyaan pertama pada jenis kegagalan *shaft helical gear* hancur

$$C_1 = \begin{pmatrix} 1 & \emptyset & 0 \\ \emptyset & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Focal sum } (\sigma) \\ \sigma = 1 - 0 - 0 = 1$$

Perhitungan dilanjutkan pada *basic assignment* $m_i(A_k)$ untuk jawaban “ya”, “tidak”, dan “ragu-ragu”, sebagai berikut:

$$m_1(A_1) = \frac{1 \times 1 + 0 \times 1 + 1 \times 0}{1} = 1 \\ m_1(A_2) = \frac{0 \times 0 + 0 \times 0 + 0 \times 0}{1} = 0 \\ m_1(A_3) = \frac{0 \times 0}{1} = 0$$



Gambar 3 Diagram RCM dengan Notasi Interval

Perhitungan selanjutnya setelah mendapatkan nilai *basic assignment* adalah *belief* (bel) dan *plausibility* (pl). Perhitungan *belief* dan *plausibility* untuk pertanyaan pertama adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{bel}_1(A_1) &= 1 \\ \text{pl}_1(A_1) &= 1 \\ \text{bel}_1(A_2) &= 0 \\ \text{pl}_1(A_2) &= 0 \end{aligned}$$

Pembobotan strategi perawatan berfungsi untuk memberikan batas dukungan minimum dan maksimum untuk setiap strategi perawatan. Pembobotan ini dilakukan pada setiap jenis kerusakan yang dianalisa. Strategi perawatan yang terpilih adalah strategi perawatan dengan batas dukungan minimum dan maksimum yang paling besar. Perhitungan untuk melakukan pembobotan strategi perawatan didapat dengan melihat diagram RCM yang digunakan karena rumus pembobotan strategi perawatan ini harus sesuai dengan alur dari diagram RCM tersebut. Keterkaitan dari setiap pertanyaan akan mempengaruhi rumus perkalian terhadap setiap strategi perawatannya. Cara untuk mendapatkan rumus pembobotan ini yaitu dengan mengalikan interval batas minimum dan maksimum dari pertanyaan pertama hingga interval batas minimum dan maksimum yang mengarah ke salah satu strategi perawatan. Notasi interval dituliskan dalam bentuk sebagai berikut:

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

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

Gambar diagram RCM dengan notasi interval untuk masing-masing jawaban dari setiap pertanyaan dapat dilihat pada Gambar 3.

Rumus pembobotan strategi perawatan berdasarkan Gambar 3 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_1 &= (I_{1,1} + I_{1,2} * I_{3,1}) * I_{2,1} \\ R_2 &= I_{1,2} * I_{3,2} \\ R_3 &= (I_{1,1} + I_{1,2} * I_{3,1}) * I_{2,2} * I_{4,1} * I_{5,1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_4 &= [(I_{1,1} + I_{1,2} * I_{3,1}) * I_{2,2}] * [(I_{4,1} * I_{5,2} + I_{4,2}) * I_{6,2}] \\ R_5 &= [(I_{1,1} + I_{1,2} * I_{3,1}) * I_{2,2}] * [(I_{4,1} * I_{5,2} + I_{4,2}) * I_{6,1}] \end{aligned}$$

Dengan

$$\begin{aligned} I_{i,1} &= [\text{bel}_i(A_1) ; \text{pl}_i(A_1)] \\ I_{i,2} &= [\text{bel}_i(A_2) ; \text{pl}_i(A_2)] \end{aligned}$$

Hasil perhitungan pembobotan strategi perawatan untuk jenis kerusakan *shaft helical gear* hancur adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_1 &= [0 ; 0] \\ R_2 &= [0 ; 0] \\ R_3 &= [0,929 ; 0,929] \\ R_4 &= [0,012 ; 0,012] \\ R_5 &= [0,057 ; 0,057] \end{aligned}$$

Hasil perhitungan pembobotan strategi perawatan untuk jenis kerusakan *shaft helical gear* hancur menunjukkan batas dukungan minimum dan maksimum yang terbesar adalah *condition based maintenance* (R_3). Hasil perhitungan untuk lima jenis kerusakan yang lainnya juga menunjukkan bahwa *condition based maintenance* adalah strategi perawatan dengan batas dukungan minimum dan maksimum paling besar.

Condition based maintenance secara umum dapat diterapkan di perusahaan, karena metode perawatan yang sudah diterapkan untuk enam jenis kerusakan tersebut mengarah ke strategi *condition based maintenance*. Strategi tersebut adalah *autonomous maintenance* (AM) dan *planned maintenance* (PM). AM merupakan metode pengecekan yang dilakukan oleh operator produksi di setiap *shift* dengan menggunakan *checklist*. Operator yang merasa ada gejala kerusakan pada mesin akan mencatat keanehan tersebut pada *checklist*. Mesin akan dimatikan apabila memang ada keanehan yang terjadi pada mesin tersebut dan akan diperbaiki oleh bagian mekanik *maintenance*. PM untuk jenis kerusakan *shaft helical gear* hancur dilakukan satu kali dalam empat bulan. Kegiatan yang dilakukan pada jadwal tersebut adalah membuka atap *gearbox flender* kemudian *pulley* akan diputar secara perlahan untuk melihat keadaan komponen yang ada dalam *gearbox* tersebut. *Shaft helical gear* yang berpotensi untuk rusak akan segera dipesankan komponen penggantinya, karena membutuhkan waktu sekitar dua hingga tiga minggu sampai barang datang. PM untuk lima jenis kerusakan lainnya dilakukan satu kali dalam tiga bulan, yaitu pada saat pengecekan *worm*. Pengecekan as kipas corong, as panjang, drig laker, dan pisau termasuk dalam kegiatan yang dilakukan pada saat pengecekan *worm*.

Simpulan

Analisa diawali dengan wawancara terhadap *staff* ahli atau bagian mekanik. *Staff* ahli tersebut adalah *team leader* bagian perbaikan dan *supervisor workshop* (mekanik). Hasil wawancara kemudian diolah hingga ditemukan pembobotan untuk setiap strategi perawatan. Strategi perawatan yang digunakan untuk enam jenis kerusakan tersebut adalah *condition based maintenance*, dimana perbaikan dilakukan ketika ada satu atau lebih indikator yang menunjukkan bahwa peralatan akan rusak.

Strategi tersebut secara umum dapat diterapkan di perusahaan, karena metode perawatan yang sudah diterapkan untuk enam jenis kerusakan tersebut mengarah ke strategi *condition based maintenance*. Strategi yang sudah diterapkan tersebut adalah *autonomous maintenance* (AM) dan *planned maintenance* (PM). AM merupakan metode pengecekan yang dilakukan oleh operator produksi di setiap *shift* dengan menggunakan *checklist*. PM merupakan metode pengecekan mesin secara berkala dengan membongkar mesin.

Daftar Pustaka

1. August, J., *Applied Reliability Centered-Maintenance*, PennWell, Oklahoma, 1999.
2. Klir, G. J., and Folger, T. A., *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*, Prentice Hall, New Jersey, 1988.
3. McDermott, R. E., Mikulak, R.J., and Bearegard, M. R., *The Basic 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. Setiawan, R., *Perancangan Sistem Maintenance yang Tepat untuk Mengurangi Lost Time pada Mesin Produksi PT. Kubota Indonesia*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2012.
7. Stephens, M. P., *Productivity and Reliability-Based Maintenance Management*, Pearson Education, Inc, New Jersey, 2004.
8. Sumawi, H., *Perancangan Sistem Perawatan di PT. Integra Indokabinet*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2012.