

Perancangan Strategi Perawatan di PT. INTEGRA INDOKABINET

Hendrik¹, Dr.rer.nat. Siana Halim,S.Si., M.. Sc²

Abstract: In this research we constructed suitable maintenance strategy for double end machine in PT. Integra Indokabinet. We applied Reliability Centered Maintenance based on Dempster – Shafer theory. Additionally, we used historical data and interviewing the expert staff in that company. The most suitable strategy for each failure are scheduled maintenance for v-belt and thermis failure, reinstal part for sekring kaca failure and condition based maintenance for footswitch failure.

Keywords: Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Dempster – Shafer Theory, Maintenance strategy

Pendahuluan

PT. Integra Indocabinet adalah sebuah perusahaan *furniture* yang memproduksi secara massal *furniture* kayu dan rotan. Produk yang dihasilkan adalah berbagai macam produk *furniture* untuk *indoor* dan *outdoor* dari bahan kayu dan rotan yang juga dikombinasikan dengan bahan alami seperti daun bambu atau pisang tenun. Integra terletak di Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, dengan luas pabrik 1.200.000sqf dengan jumlah pekerja 2.800 orang.

Proses produksi di PT. Integra Indocabinet yang ada telah menggunakan mesin – mesin yang dijalankan oleh operator sesuai dengan fungsinya masing-masing. Proses produksi dibagi dalam beberapa tahapan yaitu *veneer*, *preparation A*, *preparation B*, *process*, dan *sanding*.

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia, Email: m25408059@john.petra.ac.id; halim@peter.petra.ac.id

Permasalahan yang dapat diamati di PT.Integra Indocabinet adalah adanya beberapa mesin yang sering mengalami kerusakan sehingga cukup mengganggu jalannya produksi yang mengakibatkan tidak tercapainya target produksi dan perubahan jadwal produksi. Mesin

yang paling banyak mengalami kerusakan dari departemen proses adalah mesin *double end*.

Persentase terjadinya kerusakan mesin *double end* paling besar berdasarkan data bulan Maret, April, Mei 2011 adalah sebesar 26%. Sehingga dari tugas akhir ini akan dirancang sistem maintenance yang tepat untuk menangani berbagai jenis kerusakan yang sering terjadi pada mesin *double end*.

Tujuan penulisan Tugas Akhir adalah Membuat sistem *maintenance* mesin menjadi lebih baik dengan memberikan usulan strategi yang tepat untuk pemeliharaan dengan menerapkan *Reliability Centered Maintenance* berdasarkan pendekatan Demster Shafer di PT.Integra Indocabinet.

Metode Penelitian

Sebelum penjelasan mengenai analisis penyebab masalah dan bentuk perancangan strategi perawatan di PT Integra Indokabinet, maka akan dijelaskan terlebih dahulu beberapa tinjauan pustaka dalam upaya penentuan strategi perawatan:

Definisi *Maintenance* (Pemeliharaan)

Menurut Paul R. Drake (1994) *maintenance* adalah kombinasi dari semua tindakan administratif teknis yang dilakukan terhadap fasilitas dengan tujuan mengembalikan fasilitas ke kondisi awal dan dapat menjalankan fungsinya dengan baik. *Maintenance* atau

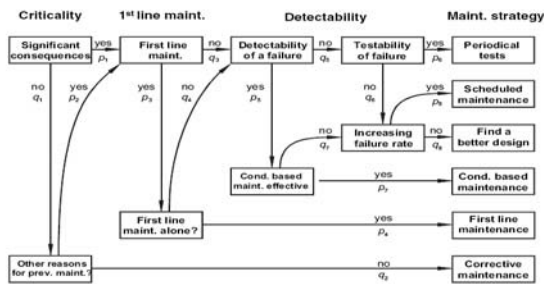
pemeliharaan juga dilakukan untuk menjaga agar peralatan tetap berada dalam kondisi yang dapat diterima oleh penggunaannya.

Konsep Reability Centered Maintenance

Menurut John Moubray (1997) RCM adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan supaya aset fisik yang dimiliki dapat tetap terus digunakan sesuai dengan *design* dan fungsinya. Sebelumnya, pada tahun 1960 sampai dengan 1970 dilakukan penelitian oleh tiga konsultan perusahaan penerbangan Boeing milik Amerika Serikat yaitu Tom Matteson, Howard Heap, dan Stanley Nowlan. Ternyata dari penelitian tersebut didapatkan bahwa anggapan tentang tiap komponen pesawat yang memiliki jangka waktu yang pasti itu tidak tepat. Kemudian pada tahun 1977 mereka mencetuskan teori tentang *maintenance* yang berdasarkan keandalan dari komponen atau disebut juga *Reability Centered Maintenance*.

Sebuah proses disebut sebagai proses RCM jika dapat memenuhi tujuh pertanyaan dasar dan prosesnya berlangsung sesuai dengan urutan pertanyaan tersebut.

Ketujuh pertanyaan tersebut menghasilkan diagram keputusan RCM yang terdiri dari pertanyaan mengenai kegagalan komponen dan pilihan strategi yang ada. Diagram keputusan RCM membantu menentukan strategi yang tepat untuk setiap jenis kegagalan yang terjadi.



Gambar 1. Contoh RCM diagram

Teori Dempster-Shafer

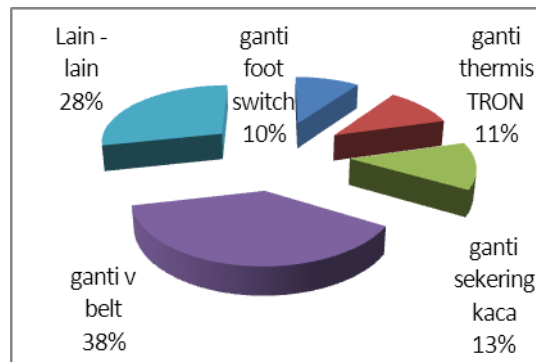
Teori Dempster-Shafer, yang juga dikenal sebagai *belief function* teori merupakan generalisasi dari teori Bayesian untuk probabilitas subjektif. Teori ini didasarkan pada

dua ide yaitu: ide memperoleh derajat kepercayaan untuk satu pertanyaan dari probabilitas yang subjektif atas pertanyaan tersebut dan aturan Dempster untuk mengkombinasikan derajat kepercayaan saat derajat kepercayaan tersebut berasal dari bukti yang *independent* satu dengan lainnya.

Pieces of evidence adalah tanda-tanda atau kejadian yang terjadi atau mungkin terjadi di dalam sistem. Sebuah bukti berhubungan dengan sebuah hipotesis atau sekelompok hipotesis. Ini tidak mengijinkan untuk bukti lainnya mengarah ke hipotesis yang sama ataupun sekelompok hipotesis yang sama. Hubungan kualitatif antara sebuah bukti dan sebuah hipotesis menunjuk kepada rantai sebab akibat yaitu sebuah bukti implies, sebuah hipotesis atau sekelompok hipotesis berurutan. Kekuatan dari tugas bukti hipotesis, dan juga akibat dari kejadian ini yang didukung oleh sebuah pernyataan.

Mengidentifikasi Kegagalan Mesin dan Penanganannya

PT. Integra Indocabinet memiliki departemen *maintenance* sendiri yang bertugas untuk menangani semua kerusakan yang terjadi pada infrastruktur pabrik termasuk mesin – mesin produksi. Sistem *maintenance* yang dijalankan adalah preventif *maintenance* yang sudah terjadwal dengan cukup baik. Salah satu mesin yang sering mendapat perawatan yaitu mesin *double end* yang berfungsi untuk memotong kayu atau panel sesuai dengan ukuran dan bentuk yang tercantum atau tertera pada gambar. *Maintenance* yang dilakukan pada mesin *double end* pada tahun 2010 dan 2011 yaitu :



- *Reinstall* ganti part, langsung dilakukan penggantian komponen mesin yang rusak.

Penentuan strategi yang tepat dilakukan dengan bantuan diagram keputusan RCM. Jawaban dari setiap pertanyaan akan dilanjutkan ke pertanyaan selanjutnya dan akan berakhir pada strategi perawatan yang paling tepat. Pertanyaan diajukan kepada staf ahli, disini adalah kepala mesin *double end* (Bapak Subandi) dan kepala *maintenance* departemen *processing* (Bapak Bambang). Wawancara antar kedua staf ahli dilakukan secara terpisah. Data yang diperoleh diasumsikan independen satu dengan yang lain.

Pada saat melakukan wawancara kepada staf ahli, setiap staf ahli akan diberikan lima pertanyaan yang sama sesuai dengan pertanyaan pada diagram RCM. Kemudian staf ahli akan menjawab berupa nilai persentase dari tiga kemungkinan jawaban yaitu jawaban "Ya", "Tidak", dan "Ragu - ragu". Misalnya untuk pertanyaan pertama untuk jenis kegagalan v-belt: "Apakah v-belt yang rusak berdampak signifikan pada mesin?" maka responden pertama (Bapak Subandi) akan memberikan jawaban 70% untuk jawaban Ya, 20% Tidak dan 10% Ragu - ragu dan responden kedua (Bapak Bambang) memberikan jawaban 80% untuk jawaban Ya, 10% Tidak, dan 10% Ragu - ragu.

Langkah selanjutnya adalah menggabungkan jawaban dari kedua responden tersebut kedalam bentuk matrix yang disebut dengan matrix M, M1 adalah matrix untuk jawaban dari responden pertama dan M2 untuk jawaban dari responden kedua. Matrix M terdiri dari 3 kolom untuk menjelaskan masing - masing jawaban "Ya", "Tidak", dan "Ragu - ragu" dan 5 baris ke bawah untuk menjelaskan jawaban dari setiap pertanyaan dari 1 sampai 5. Berikut adalah hasil wawancara yang telah dituliskan dalam bentuk matrix M1 dan M2

Kerusakan v-belt

$$M1 = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,2 & 0,1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0,8 & 0,1 & 0,1 \\ 0,3 & 0,6 & 0,1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Kerusakan v-belt

$$M2 = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0,85 & 0,10 & 0,05 \\ 0,25 & 0,60 & 0,15 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah hasil wawancara dipindahkan ke dalam bentuk matriks M. Wawancara dilakukan dengan cara mengajukan lima pertanyaan untuk setiap komponen atau *part* yang sering mengalami kerusakan. Dari kelima pertanyaan tersebut, setiap staf ahli harus menjawab kemungkinan ya berapa persen, kemungkinan tidak berapa persen dan kemungkinan ragu - ragu berapa persen. Hasil dari masing-masing pertanyaan ditulis dalam bentuk matrix M, kemudian akan diolah dengan menggunakan Dempster-Shafer teori.

Teori Dempster – Shafer

Jawaban dari kedua staf ahli di atas tidak selalu sama. Karena itu jawaban tersebut perlu dikombinasikan. Kombinasi jawaban tersebut dituliskan dalam matriks C_i , $i=1, \dots, 5$ dimana dalam setiap matrix C_i akan berisi hasil perkalian yang merupakan kombinasi dari jawaban “Ya”, “Tidak”, dan “Ragu – ragu antara kedua responden. Setiap kegagalan akan memiliki 5 matrix C_i sesuai dengan jumlah pertanyaan.

Focal sum (σ) merupakan penjumlahan semua elemen matrix elemen C_i . *Focal sum* (σ) dalam kasus ini dihitung untuk mengurangi kekompleksan perhitungan maka elemen matrix C yang merupakan perkalian antara jawaban “ya” dan “tidak” dinolkan. Jadi perkalian antara $(m_{1,i}(A1) \times m_{2,i}(A2) + m_{1,i}(A2) \times m_{2,i}(A1))$ yang nantinya akan dinolkan. Dengan demikian, *focal sum* (σ) yang dicari adalah $1 - 0,23 = 0,77$.

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan matrix C_i untuk kegagalan mesin yang disebabkan oleh kerusakan pada v-belt adalah:

$$C1 = \begin{bmatrix} 0,56 & \cancel{0,07} & 0,07 \\ \cancel{0,16} & 0,02 & 0,02 \\ 0,08 & 0,01 & 0,01 \end{bmatrix}$$

Focal sum

$$\sigma = 1 - 0,23 = 0,77$$

Setelah mendapatkan matrix $C1$, dihitung *basic assignment* $m_i(A_k)$ “ya”, “tidak”, “ragu – ragu” untuk pertanyaan 1.

$$m1(A1) = \frac{0,7 \times 0,9 + 0,1 \times 0,9 + 0,7 \times 0,1}{0,77} = \frac{0,71}{0,77} = 0,922$$

$$m1(A2) = \frac{0,2 \times 0,1 + 0,1 \times 0,1 + 0,2 \times 0,1}{0,77} = \frac{0,05}{0,77} = 0,065$$

$$m1(A3) = \frac{0,1 \times 0,1}{0,77} = \frac{0,01}{0,77} = 0,013$$

Setelah mendapatkan nilai kombinasi *basic assignment* untuk pertanyaan 1, dilakukan perhitungan untuk *belief* dan *plausibility* dengan rumus (2.9) dan (2.10), hasilnya:

$$bel1(A1) = m1(A1) = 0,922$$

$$pl1(A1) = m1(A1) + m1(A3) = 0,922 + 0,013 = 0,935$$

$$bel1(A2) = m1(A2) = 0,065$$

$$pl1(A2) = m1(A2) + m1(A3) = 0,065 + 0,013 = 0,078$$

Selanjutnya dilanjutkan ke perhitungan *focal sum* matrix C_i , *basic assignment* $m_i(A_k)$, dan *belief* dan *plausibility* untuk pertanyaan 2 sampai 5 dengan cara yang sama seperti pertanyaan 1. Hasil perhitungan dari *focal sum* matrix C_i untuk jenis kegagalan v-belt dapat dilihat pada tabel 4.1. Hasil perhitungan *basic assignment* $m_i(A_k)$ untuk jenis kegagalan v-belt pada tabel 4.2. Hasil perhitungan *belief* dan *plausibility* untuk kegagalan v-belt dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 1. *Focal sum* kegagalan v-belt

Matriks	<i>Focal Sum</i> (σ)
C1	0,77
C2	1
C3	0,835
C4	0,67
C5	1

Tabel 2. *Basic assignment* kegagalan v-belt

Pertanyaan	<i>Basic Assignment</i>
1	$m1(A1) = 0,922$
	$m1(A2) = 0,065$
	$m1(A3) = 0,013$
2	$m2(A1) = 0$
	$m2(A2) = 1$
	$m2(A3) = 0$

3	m3(A1) = 0.964
	m3(A2) = 0.03
	m3(A3) = 0.006
4	m4(A1) = 0.216
	m4(A2) = 0.761
	m4(A3) = 0.022
5	m5(A1) = 0
	m5(A2) = 1
	m5(A3) = 0

Tabel 3. *Belief* dan *plausibility* kegagalan *v-belt*

Pertanyaan	<i>Belief</i>	<i>Plausibility</i>
1	A1 = 0.922	A1 = 0.935
	A2 = 0.065	A2 = 0.078
2	A1 = 0	A1 = 0
	A2 = 1	A2 = 1
3	A1 = 0.964	A1 = 0.97
	A2 = 0.03	A2 = 0.036
4	A1 = 0.216	A1 = 0.238
	A2 = 0.761	A2 = 0.783
5	A1 = 0	A1 = 0
	A2 = 1	A2 = 1

Pembobotan Strategi Perawatan

Pembobotan Strategi Perawatan dilakukan dengan cara memberikan batas dukungan minimum dan batas dukungan maksimum untuk setiap strategi. Berikut contoh perhitungan pembobotan strategi untuk jenis kerusakan *v-belt* :

- Strategi 1(R1) = $I_{1,1} * I_{2,1}$
- Strategi 2(R2) = $I_{1,1} * I_{2,2} * I_{3,1}$
- Strategi 3(R3) = $I_{1,1} * I_{2,2} * I_{3,2} * I_{4,1}$
- Strategi 4 (R4) = $((I_{1,1} * I_{2,2} * I_{3,2} * I_{4,2}) + I_{1,2}) * I_{5,1}$

- Strategi 5(R5) = $((I_{1,1} * I_{2,2} * I_{3,2} * I_{4,2}) + I_{1,2}) * I_{5,2}$

Dengan

$$I_{1,1} = [a_{i,1}, b_{i,1}]$$

$$I_{2,2} = [a_{i,2}, b_{i,2}]$$

$$R1 = [0,922, 0,935] [0, 0]$$

$$R2 = [0,922, 0,935] [1, 1] [0,964, 0,97]$$

$$R3 = [0,922, 0,935] [1, 1] [0,03, 0,036] [0,216, 0,238]$$

$$R4 = [[0,922, 0,935] [1, 1] [0,03, 0,036] [0,761, 0,783] + [0,064, 0,077]] [0, 0]$$

$$R5 = [[0,922, 0,935] [1, 1] [0,03, 0,036] [0,761, 0,783] + [0,064, 0,077]] [1, 1]$$

$$R1 = [0, 0]$$

$$R2 = [0,888, 0,907]$$

$$R3 = [0,006, 0,008]$$

$$R4 = [0,021, 0,026]$$

$$R5 = [0,085, 0,103]$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa dukungan terbesar bagi strategi perawatan untuk menangani kerusakan pada *v-belt* yaitu *Scheduled Maintenance* (R2), karena mempunyai dukungan maksimum dan minimum yang paling besar dibandingkan strategi perawatan lainnya.

Perhitungan dilakukan untuk semua jenis kegagalan yang ingin ditentukan strategi perawatannya, dapat dilihat pada Lampiran 1, 2, 3, dan 4. Strategi perawatan yang tepat untuk masing-masing jenis kegagalan adalah:

- *Scheduled Maintenance* untuk kerusakan pada *v-belt*
- Strategi *Reinstall* ganti part untuk kerusakan sekering kaca
- Strategi *Condition Based Maintenance effective* untuk kerusakan *footswitch*
- Strategi *Scheduled Maintenance* untuk kerusakan *thermos*

Analisa Strategi Perawatan

Hasil pengolahan data menunjukkan strategi perawatan yang tepat dilakukan yaitu *Scheduled Maintenance*, *Reinstall*, dan *Condition Based Maintenance*. *Scheduled Maintenance* adalah solusi untuk jenis kerusakan *v-belt* dan *thermis*. Dari data kerusakan untuk *v-belt* dan *thermis* yang

dimiliki dapat diprediksi jadwal perawatan yang tepat untuk setiap kerusakan. Berikut merupakan data kerusakan tersebut di bulan Maret, April, dan Mei 2011 :

Tabel 4. Data kerusakan mesin double end untuk kegagalan *v-belt*

Tanggal	Interval Kejadian
19-Mar-11	2 hari
21-Mar-11	
24-Mar-11	3 hari
30-Mar-11	6 hari
19-Apr-11	20 hari
3-May-11	14 hari
13-May-11	10 hari
Rata - rata	$55 \div 7 = 8 \text{ hari}$

Tabel 5. Data kerusakan mesin double end untuk kegagalan thermis

Tanggal	Interval Kejadian
9-Mar-11	13 hari
22-Mar-11	
9-Apr-11	18 hari
6-May-11	27 hari
12-May-11	6 hari
Rata - rata	$64 \div 5 = 13 \text{ hari}$

Data di atas menunjukkan bahwa kerusakan *v-belt* cukup sering terjadi sehingga dibutuhkan perawatan secara berkala. Perhitungan rata – rata menunjukkan waktu yang tepat untuk perawatan *v-belt* adalah kurang lebih 8 hari sekali untuk memastikan *v-belt* dalam keadaan yang baik. Perawatan dapat berupa pengecekan kondisi *v-belt*, melakukan pelumasan, pembersihan debu - debu dan melakukan pergantian apabila sudah terjadi kerusakan. Perawatan secara berkala untuk kerusakan

thermis berdasarkan perhitungan rata – rata adalah kurang lebih 13 hari atau 2 minggu sekali untuk memastikan thermis dalam keadaan yang baik.

Reinstall part merupakan solusi untuk jenis kerusakan sekering kaca. Strategi perawatan jenis ini membutuhkan stok komponen yang selalu tersedia untuk mengganti *part* yang rusak dengan cepat agar kegiatan produksi tidak terganggu. Biaya yang dibutuhkan untuk menyediakan stok komponen sekering tidak besar karena harga sekering yang relatif murah sehingga bukan masalah bagi perusahaan untuk menjalankan strategi perawatan ini.

Condition Based Maintenance adalah solusi untuk jenis kerusakan *footswitch*. Strategi perawatan ini membutuhkan kesiagaan dari orang – orang *maintenance* perusahaan untuk segera memperbaiki apabila sudah terlihat gejala – gejala akan terjadinya kerusakan komponen. Gejala yang sering timbul saat *footswitch* mengalami kerusakan yaitu meja bahan tidak dapat bergerak maju dan mundur dengan sempurna walaupun operator telah menginjak *footswitch* tersebut. Sistem penggerak pada *footswitch* menggunakan sistem hidrolik yang apabila di tekan akan menghasilkan pergerakan pada meja bahan.

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, menghasilkan keputusan strategi perawatan yang tepat digunakan untuk mesin double end berdasarkan RCM dengan pendekatan Dempster-Shafer yaitu:

- *Scheduled Maintenance*, sistem perawatan yang terjadwal secara berkala dilakukan untuk jenis kerusakan pada *v-belt* dan thermis
- *Reinstall part*, langsung dilakukan pergantian komponen ketika terjadi kerusakan pada sekering kaca
- *Condition Based Maintenance*, sistem perawatan yang dilakukan apabila adanya indikasi kerusakan pada *footswitch*

DAFTAR PUSTAKA

1. Higgs L.R., Mobley R. K. (2002). *Maintenance Engineering Handbook*, (6th ed.) McGraw-Hill
2. J.H. Williams, A. Davies & P.R. Drake. (1994). *Condition – based maintenance and machine diagnostics* (1st ed.) Chapman & Hall
3. Klir, G. J., Folger, T. A. (1988). *Fuzzy Sets, Uncertainty, Information*. Prentice-Hall:New Jersey
4. Moubray J. (1997). *Reliability Centered Maintenance* (2nd ed.) Industrial Press: New York
5. O’Neil, A. (1999). The Dempster–Shafer engine, [HYPERLINK"http://www.aonaware.com/dse.htm"](http://www.aonaware.com/dse.htm)
6. Rakowsky U. K., Gocht U. (July, 2008). *Reasoning in Reliability Centered Maintenance based on Dempster-Shafer Approach*