

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE MENGGUNAKAN PENDEKATAN FUZZY LOGIC

Veronica¹, Felecia², Siana Halim³

Abstract: *Reliability centered maintenance* adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan supaya aset fisik yang dimiliki dapat tetap terus digunakan. Pengolahan metode *reliability centered maintenance* membutuhkan jawaban responden sebagai sumber utama. Jawaban responden yang tidak selalu dapat mutlak 'ya' dan 'tidak' menyebabkan adanya ketidakpastian. Metode *fuzzy* akan menghilangkan ketidakpastian dengan memberikan kebenaran secara gradasi sehingga jawaban responden dapat digunakan didalam metode *reliability centered maintenance*.

Data dan jawaban dari bagian pemeliharaan mengenai komponen mesin yang mengalami kegagalan akan diproses menggunakan kedua metode (*reliability centered maintenance* dan *fuzzy logic*) sehingga dapat ditentukan jenis pemeliharaan. Hasil jenis pemeliharaan metode RCM menggunakan pendekatan *fuzzy logic* lebih efektif dan tepat dalam mendeteksi jenis pemeliharaan bagi mesin perusahaan.

Kata kunci: *Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Fuzzy Logic*

Pendahuluan

PT. HAPETE adalah sebuah industri manufaktur yang bergerak dibidang produksi benang. Pemeliharaan mesin perusahaan ini dilakukan oleh Divisi *Maintenance*. Pengambilan keputusan pemeliharaan dilakukan oleh Kepala *Maintenance* dan Wakil Kepala *Maintenance* berdasarkan pengalaman mereka. Pengambilan keputusan berdasarkan pengalaman kurang efektif sehingga perlu dilakukan *reliability centered maintenance* yang menyediakan proses sistematis dalam pengambilan keputusan jenis pemeliharaan mesin.

Penentuan program pemeliharaan menggunakan *reliability centered maintenance* membutuhkan jawaban pihak *maintenance* sebagai sumber utama. Jawaban pihak *maintenance* berdasarkan pengalaman sering menyebabkan jawaban yang diperoleh tidak mutlak 'ya' atau 'tidak' (1 atau 0). Hal ini menyebabkan penentuan program pemeliharaan menggunakan *reliability centered maintenance* menjadi sulit. Pendekatan *fuzzy logic* merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. *Fuzzy logic* berusaha memberikan alternatif jawaban lain yang berada di antara dua ekstrim jawaban tersebut. *Fuzzy logic* tidak memberikan jawaban "0" dan "1" saja, akan tetapi memberikan alternatif derajat kebenaran.

Reliability centered maintenance menggunakan pendekatan *fuzzy logic* akan menggunakan pendapat pihak *maintenance* dalam menggabungkan kedua metode untuk memperoleh hasil jenis pemeliharaan yang lebih optimal.

Metode Penelitian

Maintenance (Pemeliharaan)

Menurut Lindley dan Mobley [1], pemeliharaan adalah suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang dengan tujuan agar peralatan selalu memiliki kondisi yang sama dengan keadaan awalnya.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Menurut Moubrey [5], RCM adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan supaya aset fisik yang dimiliki dapat terus digunakan sesuai dengan desain dan fungsinya.

Terdapat tujuh pertanyaan dasar yang perlu dijawab dalam rangka menentukan kebutuhan pemeliharaan dengan menggunakan pendekatan RCM. Ketujuh pertanyaan adalah apakah fungsi dari alat yang digunakan sesuai dengan standar dari pengguna? Bagaimana atau dengan apa fungsi dari alat tersebut bisa mengalami kegagalan? Penggunaan cara apa alat tersebut dapat mengalami kegagalan? Apa yang terjadi ketika timbul kegagalan? Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi kegagalan

¹Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236
Email: m25409036@john.petra.ac.id, phe-ro@hotmail.com

tersebut? Apa yang harus dilakukan jika cara yang digunakan untuk menghindari kegagalan tersebut tidak dapat ditemukan?

Ketujuh pertanyaan dituangkan dalam bentuk *Failure Mode and Effect Analysis* kemudian diolah dengan diagram keputusan yang terdiri dari pertanyaan mengenai kegagalan komponen dan pilihan strategi pemeliharaan yang ada.

Teori Dempster Shafer

Teori *dempster shafer*, yang juga dikenal sebagai teori *belief function*. Pendekatan *dempster shafer* yang berorientasikan pada keandalan berdasarkan pada *scenario* sistem dengan semua hipotesis dalam sebuah *frame of discernment, pieces of evidence*, dan sumber data.

Beberapa interpretasi dalam teori *dempster shafer* (O'neil, [6]) adalah *basic assignment (m)*. Ukuran $m(A)$ adalah derajat bukti bahwa elemen tepat termasuk set A. Interpretasi lain adalah *belief (bel)*. Ukuran $bel(A)$ merupakan derajat bukti bahwa elemen termasuk set A atau *subset*.

$$bel(A) = \sum_{B \subseteq A; B \neq \emptyset} m(B) \tag{1}$$

Plausability (pl), ukuran $pl(A)$ adalah derajat bukti bahwa elemen termasuk set A, atau subset, atau ke set yang *overlap* dengan A

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

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa salah satu ide dari teori ini adalah aturan kombinasi *dempster* untuk *basic assignment*.

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

Pembilang mewakili akumulasi bukti untuk set A dan B, yang mendukung hipotesis Z dan penyebut mengukur jumlah selisih antara kedua set.

RCM dengan Pendekatan Teori Dempster Shafer

Setiap keputusan $i=1, \dots, n$ dari diagram keputusan RCM dianggap terpisah dan independen dari keputusan lain. Set hipotesis berisikan $\Omega_i = \{ya, tidak, tidak pasti\}$. $A1 = \{ya\}$ $A2 = \{tidak\}$ $A3 = \{tidak pasti\}$.

Setiap sumber data l memberikan tiga nilai untuk *basic assignment* $m_{l,i}(Ak)$, $k=1, 2, 3$ dari setiap keputusan i untuk menggambarkan derajat kepercayaan bahwa Ak adalah keputusan yang benar.

Hasil penilaian sumber data untuk semua keputusan dituliskan dalam *matrix M*.

$$M_l = \begin{bmatrix} m_{l,1}(A_1) & m_{l,1}(A_2) & m_{l,1}(A_3) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{l,i}(A_1) & m_{l,i}(A_2) & m_{l,i}(A_3) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{l,n}(A_1) & m_{l,n}(A_2) & m_{l,n}(A_3) \end{bmatrix} \tag{4}$$

$m_{l,i}(A1) + m_{l,i}(A2) + m_{l,i}(A3) = 1$

Kombinasi tiap hipotesis dari sumber data dituliskan dalam *matrix C*. Untuk menghindari kompleksitas perhitungan maka elemen *matrix C* yang merupakan perkalian antara jawaban ‘ya’ dan ‘tidak’ dinolkan ().

$$C_i = \begin{bmatrix} c_{1,1,i} & 0 & c_{1,3,i} \\ 0 & c_{2,2,i} & c_{2,3,i} \\ c_{3,1,i} & c_{3,2,i} & c_{3,3,i} \end{bmatrix} \tag{5}$$

Focal sum (σ) merupakan penjumlahan semua elemen *matrix* elemen C_i , dalam kasus ini diperoleh dengan

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

Fuzzy Logic

Fuzzy set adalah suatu himpunan tanpa batasan yang pasti. (Klir, [3]). Karakteristik dari *fuzzy set* adalah penggunaan kata-kata, bukan angka, untuk mewakili kondisi tertentu. *Fuzzy set* dapat mencakup semua nilai dari ‘0’ hingga ‘1’, dan bila digunakan dalam kata menjadi ‘tidak’, ‘sedikit’, ‘beberapa’ dan ‘ya’. Himpunan nilai pasti pada *fuzzy set* hanya mencakup nilai ‘0’ dan ‘1’, yang dapat diartikan dalam kata ‘ya’ dan ‘tidak’.

Fungsi Keanggotaan

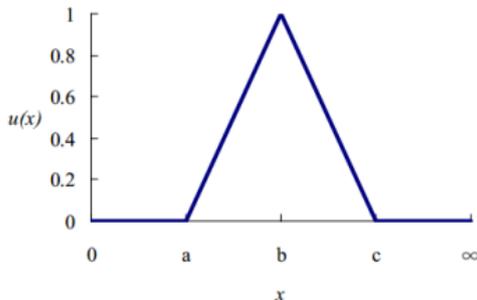
Fungsi keanggotaan dari suatu himpunan *fuzzy* adalah mendekati himpunan *fuzzy* dengan kondisi nyata. Pembentukan fungsi keanggotaan perlu pemilihan formulasi yang tepat sehingga dapat mewakili kondisi nyata dengan baik.

Fungsi Keanggotaan Triangular

Fungsi keanggotaan *triangular* dibentuk oleh tiga parameter $\{a, b, c\}$ sebagai berikut:

$$Triangle(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & 0 \leq x \end{cases} \quad (7)$$

Parameter $\{a, b, c\}$ (dengan $a < b < c$) menentukan koordinat x dari tiga titik sudut pokok pada fungsi keanggotaan *triangular*. Gambar 1 terdapat contoh fungsi keanggotaan *triangular*.



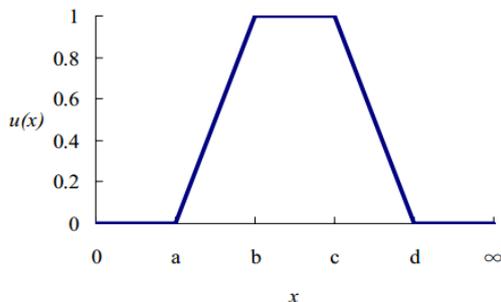
Gambar 1. Fungsi keanggotaan *triangular*
Sumber: *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Wang. [7]

Fungsi Keanggotaan *Trapezoidal*

Fungsi keanggotaan *trapezoidal* dibentuk oleh empat parameter $\{a, b, c, d\}$ sebagai berikut.

$$Trapezoidal(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (8)$$

Parameter $\{a, b, c, d\}$ dengan $(a < b < c < d)$ menentukan koordinat x dari keempat titik sudut pada fungsi keanggotaan *trapezoidal*. Gambar 2 terdapat contoh fungsi keanggotaan *trapezoidal*. Fungsi keanggotaan *trapezoidal* dengan parameter $\{a, b, c, d\}$ akan berubah menjadi fungsi keanggotaan *triangular* ketika b sama dengan c .



Gambar 2. Fungsi keanggotaan *trapezoidal*
Sumber: *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Wang. [7]

Sistem *Mamdani Fuzzy Inference*

Sistem ini menjelaskan tentang suatu teknik penarikan kesimpulan berdasarkan pada aturan *if then fuzzy*. (Jang et al. [2]). Sistem *inference fuzzy* terdapat 2 proses, yaitu *aggregation* dan *composition*. *Aggregation* adalah proses perhitungan untuk nilai pada bagian *antecedant* suatu aturan. *Composition* adalah proses perhitungan untuk nilai pada bagian konsekuen suatu aturan.

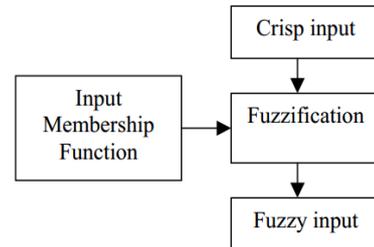
Model sistem *inference* adalah *fuzzy mamdani*. Cara yang digunakan dalam proses agregasi dalam metode *mamdani* adalah minimum dan proses *composition* menggunakan cara maximum.

Proses *Fuzzy Logic*

Menurut Kusumadewi [4], proses *Fuzzy logic* terdiri atas tiga bagian utama yaitu *fuzzification*, *rule evaluation* dan *defuzzification*.

Fuzzification

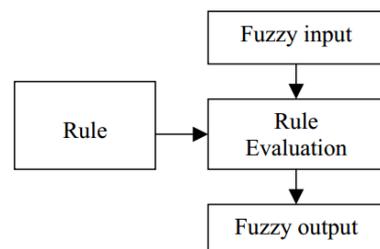
Fuzzification memiliki peranan untuk mentransformasikan bilangan tegas yang diperoleh dari sebuah pengukuran ke dalam penaksiran dari nilai subjektif. Proses *fuzzification* terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Fuzzification*
Sumber: Analisis dan Desain Sistem *Fuzzy* Menggunakan *Toolbox Matlab*. Kusumadewi [4]

Rule Evaluation

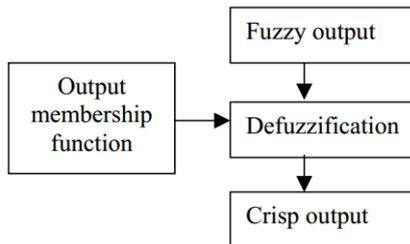
Rule evaluation berfungsi untuk mencari suatu nilai *fuzzy output* dari *fuzzy input*. Proses ini mengolah *fuzzy input* berdasarkan aturan *if then* untuk menentukan keputusan *output* sehingga menjadi *fuzzy output*. Proses *rule evaluation* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Rule evaluation*

Defuzzification

Bagian ketiga adalah *defuzzification* yang bertujuan mengubah *fuzzy output* yang merupakan hasil evaluasi aturan menjadi *crisp output*. Proses ini memerlukan fungsi keanggotaan keluaran untuk mendapatkan nilai *crisp output*. Proses *defuzzification* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Defuzzification

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Kegagalan Komponen Mesin

Perusahaan yang menjadi objek penelitian adalah PT. HAPETE yang bergerak dalam bidang produksi benang. Proses produksi benang menggunakan tiga mesin utama yaitu mesin *doubling*, mesin *twisting*, dan mesin *winding*.

Mesin-mesin tersebut terdapat komponen yang mengalami kegagalan selama bulan Mei sampai bulan September 2012. Komponen yang mengalami kegagalan pada mesin *doubling* adalah kawat otomatis, *roll*, mata ayam, kupingan, *gear*, dan *vanbelt*.

Mesin *twisting* terdapat enam komponen, yaitu kawat *selling*, *handle spindle*, *yarn guide*, ekor babi, *tensor soket* dan ban. Mesin *winding* terdapat empat komponen yang mengalami kegagalan yaitu gunting, keramik, *vanbelt*, dan *seal*.

Diagram Keputusan RCM

Penentuan jenis pemeliharaan yang tepat untuk komponen yang gagal dilakukan melalui RCM. Salah satu *tools* RCM yang digunakan untuk menentukan jenis pemeliharaan adalah diagram keputusan RCM. Pembuatan diagram keputusan RCM dimulai dari penentuan jenis pemeliharaan yang tersedia di perusahaan.

Total ada empat jenis pemeliharaan yang tersedia di perusahaan. Keempat jenis pemeliharaan adalah *preventive maintenance*, *corrective maintenance*, *condition based maintenance*, dan *breakdown maintenance*. *Preventive maintenance*, jenis pemeliharaan ini merupakan pemeliharaan yang terjadwal dalam

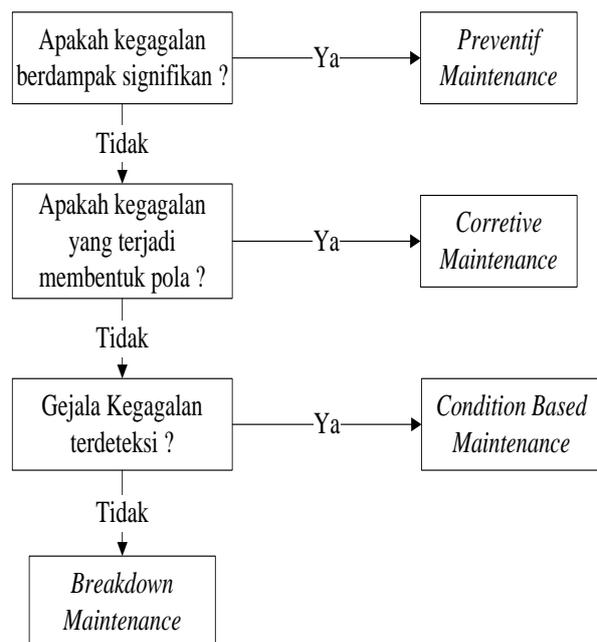
jangka waktu yang panjang untuk mengantisipasi kegagalan mesin.

Corrective maintenance, pemeliharaan ini merupakan pemeliharaan yang terencana pada waktu tertentu ketika peralatan mengalami kelainan. Pemeliharaan ini digunakan pada komponen yang mengalami kegagalan dua atau tiga bulan berturut-turut sehingga pada bulan berikutnya dilakukan inspeksi total terhadap keseluruhan mesin. *Condition based maintenance*, pemeliharaan ini merupakan pemeliharaan yang dilakukan apabila terdapat indikator bahwa komponen akan gagal. *Breakdown maintenance*, jenis pemeliharaan ini merupakan pemeliharaan yang dilakukan pada saat komponen telah gagal.

Proses pembuatan diagram keputusan RCM memerlukan pertanyaan-pertanyaan berupa faktor apa saja yang menjadi pertimbangan pihak *maintenance* saat membuat keputusan strategi pemeliharaan.

Total ada tiga pertanyaan yang menjadi pertimbangan, yaitu apakah kegagalan komponen yang terjadi berdampak signifikan? Apakah kegagalan komponen yang terjadi membentuk pola (berpola)? Apakah gejala kegagalan komponen dapat terdeteksi?

Berdasarkan faktor yang berpengaruh serta jenis pemeliharaan yang tersedia dibuatlah sebuah diagram keputusan RCM yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram keputusan RCM

Pengambilan keputusan jenis pemeliharaan menggunakan diagram keputusan memerlukan jawaban responden sebagai sumber utama. Pengambilan keputusan berdasarkan pengalaman membuat responden sering kali tidak dapat memberikan jawaban mutlak 'ya' atau 'tidak'. *Fuzzy logic* akan digunakan untuk mengatasi masalah ini dengan memberikan derajat kebenaran secara gradasi.

Model Penalaran *Fuzzy*

Model penalaran *fuzzy* adalah model yang dibangun agar dapat menjalan semua proses *fuzzy*. Terdapat beberapa komponen yang dibutuhkan dalam pembentukan model penalaran *fuzzy*. Komponen komponen tersebut adalah variabel *input output fuzzy*, fungsi keanggotaan dan aturan *if_then*.

Variabel *Input Output Fuzzy*

Fuzzy input dalam kasus ini meliputi tiga hal, yaitu pengaruh kegagalan, pola kegagalan serta gejala kegagalan. *Fuzzy output* adalah hasil pasti yang ingin diperoleh, dalam hal ini berupa jenis pemeliharaan.

Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan ini berfungsi untuk mendekati himpunan *fuzzy* dengan kondisi nyata. Terdapat dua jenis fungsi keanggotaan berdasarkan tujuan pembentukan. Fungsi keanggotaan *input* untuk proses fuzzifikasi dan fungsi keanggotaan *output* untuk defuzzifikasi.

Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Input*

Pembentukan fungsi keanggotaan *input* diawali dengan penentuan label linguistik untuk setiap variabel yang dilakukan bersama dengan Kepala *Maintenance* serta Wakil Kepala *Maintenance*.

Variabel pengaruh kegagalan yang dimaksud adalah pengaruh kegagalan komponen terhadap kinerja *spindle* mesin. Mulai dari "Sangat rendah", kondisi dimana kegagalan terjadi tidak berpengaruh terhadap performa kerja mesin. "Rendah", "Sedang", "Tinggi" hingga "Sangat tinggi" kondisi dimana kegagalan yang terjadi berpengaruh keseluruhan *spindle* mesin.

Variabel pola kegagalan adalah pola yang terbentuk akibat terjadinya kejadian kegagalan yang berulang kali. Variabel ini dibagi menjadi lima label linguistik, yaitu "Sangat jelas", kondisi dimana kegagalan yang terjadi rutin terjadi setiap bulannya. "Jelas", "Sedang", "Tidak Jelas" hingga "Sangat tidak jelas", kondisi dimana kegagalan yang terjadi random waktu kejadian kegagalan.

Variabel gejala kegagalan, kondisi yang mengindikasikan akan terjadinya kegagalan.

Gejala kegagalan komponen terdiri dari lima label linguistik. Mulai dari "Sangat jelas", kondisi dimana *spindle* tidak mau berputar saat *spindle* mesin akan digunakan. "Jelas", "Sedang", "Tidak Jelas" hingga "Sangat tidak Jelas" kondisi dimana *spindle* bekerja seperti biasanya, namun hasil benang gulungan tidak lolos Qc.

Proses pembentukan fungsi keanggotaan dilanjutkan dengan menentukan batasan dari masing masing variabel *input*. Variabel *input* yang ada tidak semua memiliki batasan kuantitatif yang pasti sehingga pihak *maintenance* memberikan keputusan batas untuk semua variabel *input* adalah angka "0" sampai "10".

Langkah berikut pembentukan fungsi keanggotaan adalah penentuan derajat keanggotaan untuk setiap label pada setiap variabel. Tabel 1 adalah tabel pernyataan linguistik dari derajat keanggotaan suatu *fuzzy set* yang dibuat bersama dengan pihak *maintenance*.

Tabel 1. Pernyataan linguistik derajat keanggotaan

Derajat Keanggotaan	Pernyataan Linguistik
1	Sangat pasti
0,9	Pasti
0,8	Cukup pasti
0,7	Agak pasti
0,6	Agak ragu-ragu
0,5	Ragu-ragu
0,4	Agak kurang pasti
0,3	Kurang pasti
0,2	Sangat kurang pasti
0,1	Tidak pasti
0	Sangat tidak pasti

Tabel pernyataan linguistik ini digunakan untuk menyamakan standar Kepala *Maintenance* dan Wakil Kepala *Maintenance* yang akan melakukan penilaian pada setiap label linguistik variabel *input*. Tabel 2 berikut ini adalah contoh form tabel penilaian untuk variabel pengaruh kegagalan dengan label linguistik sangat rendah.

Tabel 2 dapat dilihat bahwa Kepala *Maintenance* memberikan nilai sangat pasti '1' pada batasan "0", pasti "0,9" pada batasan angka "1" dan agak pasti "0,7" pada batasan angka "2". Wakil Kepala *Maintenance* memberikan nilai sangat pasti '1' pada batasan "0", pasti "0,9" pada batasan angka "1". Hasil penilaian ini akan dicari bentuk fungsi keanggotaannya masing-masing serta nilai parameter setiap bentuk fungsi keanggotaan.

Tabel 2. Contoh penilaian derajat keanggotaan untuk pengaruh kegagalan dengan label linguistik sangat rendah

Variabel	Kepala <i>Maintenance</i>	Wakil Kepala <i>Maintenance</i>
Pengaruh kegagalan	Sangat rendah	Sangat rendah
0	1	1
1	0,9	0,9
2	0,7	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
Penentuan nilai parameter		
A	0	0
B	0	0
C	3	2
Hasil penentuan nilai dengan pembobotan		
A	0	0
B	0	0
C	1,95	0,7
Hasil penggabungan nilai		
A	0	
B	0	
C	2,65	

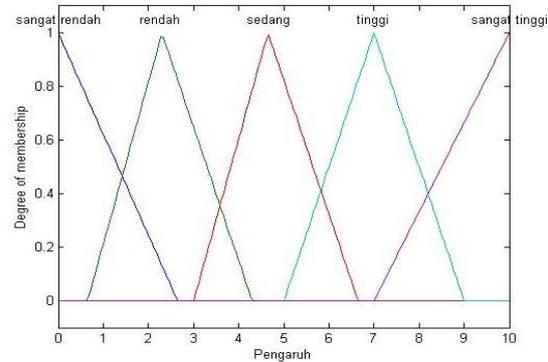
Label linguistik sangat rendah menggunakan pendekatan fungsi keanggotaan *triangular* karena nilai sangat pasti hanya terdapat satu angka saja. Fungsi keanggotaan *triangular* memiliki tiga parameter, yaitu a , b , dan c . Parameter b adalah nilai sangat pasti dari label linguistik sedangkan a dan c adalah batasannya.

Hasil nilai parameter untuk penilaian Kepala *Maintenance* adalah "0", "0", "3". Nilai parameter b mendapat nilai "0" disebabkan karena nilai sangat pasti "1" Kepala *Maintenance* terletak pada batasan "0". Batasan terkecil adalah "0" maka parameter a juga terletak pada batasan "0". Parameter c terdapat pada batasan terluar dari angka hasil penilaian yang memperoleh sangat tidak pasti "0" yaitu pada batasan "3". Hasil nilai parameter untuk penilaian Wakil Kepala *maintenance* adalah "0", "0", "2".

Hasil nilai untuk setiap parameter akan diberi bobot sesuai lama para *Maintenance* bekerja. Kepala *Maintenance* sudah bekerja selama 20 tahun memperoleh bobot "0,65". Nilai ini dikalikan hasil parameter akan memperoleh hasil parameter yang sudah diboboti yaitu "0", "0", "1,95". Wakil Kepala *Maintenance* sudah bekerja selama 11 tahun sehingga memperoleh bobot "0,35". Nilai ini dikalikan hasil parameter akan memperoleh hasil parameter yang sudah diboboti yaitu "0", "0", "0,7".

Nilai parameter yang sudah dibobotkan akan digabung kembali untuk memperoleh hasil nilai paramete-

ter akhir atau persamaan fungsi keanggotaan "0", "0", "2,65". Berikut ini adalah plot diagram keanggotaan dari pengaruh kegagalan.

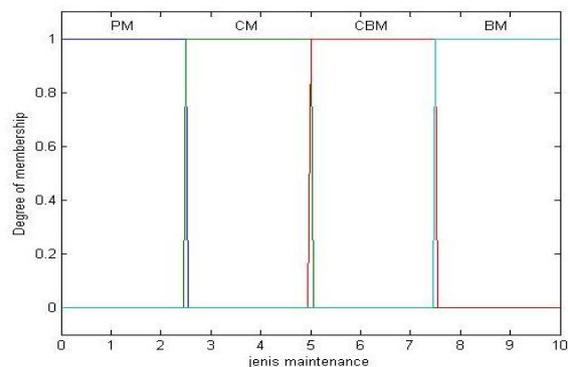


Gambar 7. Fungsi keanggotaan pengaruh kegagalan Label linguistik selain 'Sangat rendah' memiliki pendekatan fungsi keanggotaan sama perti label linguistik 'Sangat rendah' sehingga cara pencarian persamaan fungsi keanggotaan sama.

Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Input*

Pembentukan fungsi keanggotaan *output* sedikit berbeda dengan fungsi keanggotaan *input*. Hal ini disebabkan karena variabel *input* memiliki sifat gradasi meningkat atau menurun, sedangkan variabel *output* hanya berupa jenis pemeliharaan.

Batasan variabel *output* disamakan dengan batasan variabel *input* yaitu "0" sampai dengan "10" sehingga batas maksimum yaitu bernilai "10" dan batas minimum bernilai "0", *domain* variabel ini berada di antara "0" sampai dengan "10". Variabel ini dibagi rata menjadi empat bagian sehingga hasil plot untuk fungsi keanggotaan *output* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Fungsi keanggotaan jenis pemeliharaan

Pembentukan Aturan *If_then*

Aturan *If_then* ini dilakukan dengan mengkombinasikan ketiga variabel *input* untuk menentukan kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi. Pembentukan aturan *fuzzy* ini dilakukan dengan ca-

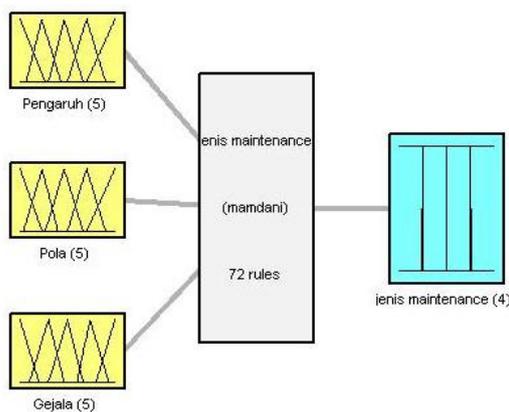
ra wawancara dengan Kepala *Maintenance* dan Wakil Kepala *Maintenance*.

Wawancara yang dilakukan melingkupi kondisi yang memungkinkan penggabungan dari ketiga variabel *input* dan kemudian didapatkan kebijaksanaan untuk setiap kemungkinan.

Total ada 72 aturan yang terbentuk, salah satu contoh aturan *if_then fuzzy* adalah jika pengaruh kegagalan sangat rendah, pola kegagalan sedang, dan gejala kegagalan sangat tidak jelas, maka jenis pemeliharaan adalah *breakdown maintenance*.

Hasil Model Penalaran Fuzzy

Semua komponen untuk membentuk model yang sudah siap akan diterjemahkan kedalam bahasa program *matlab* untuk membentuk model penalaran *fuzzy*. Hasil model penalaran *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Model penalaran *fuzzy*

Model penalaran *fuzzy* di atas dapat dilihat bahwa terdapat tiga fungsi keanggotaan *input*. Setiap fungsi keanggotaan *input* memiliki lima label linguistik. Hasil *fuzzy input* dari ketiga fungsi keanggotaan akan diolah 72 aturan *if_then*.

Cara pengambil keputusan hasil aturan menggunakan metode *mamdani inference*. *Output* dari model ini adalah jenis pemeliharaan dengan empat label linguistik.

Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dari penilaian variabel *input* untuk setiap komponen. Contoh, komponen kawat otomatis memiliki pengaruh kegagalan yang pasti terhadap satu *spindle* sehingga komponen ini memiliki label linguistik 'Rendah'. Label ini menyebabkan pihak *maintenance* hanya boleh memberikan nilai antara "0,65" sampai "4,3".

Kepala *Maintenance* memberi nilai "3", sedangkan Wakil Kepala *Maintenance* memberikan nilai "2". Masing nilai diberi bobot sesuai para *maintenance* bekerja dan dijumlahkan akan memperoleh hasil "2,325" untuk pengaruh kegagalan. Demikian juga cara penilaian untuk variabel lainnya.

Komponen kawat otomatis memiliki nilai pengaruh, pola serta gejala kegagalan sebesar "2,325", "4,5", dan "4,675". Angka-angka ini dimasukkan kedalam program *matlab* yang sudah dilengkapi dengan model penalaran *fuzzy* dengan perintah *evalfis* ([2.325 4.5 4.675],a).

Model penalaran *fuzzy* sudah sudah dibuat dengan *matlab* dapat langsung melakukan proses *fuzzification, rule evaluation dan defuzzification* untuk memperoleh hasil *output* yang kemudian diterjemahkan kedalam jenis pemeliharaan mesin.

Hasil Pengolahan Data

Setiap komponen yang mengalami kegagalan dan yang teridentifikasi pada tahap sebelumnya akan ditentukan jenis pemeliharaan yang tepat. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengolahan data

Mesin	Komponen	Pengaruh	Pola	Gejala	Jenis Pemeliharaan	
Doubling	Kawat					
	Automatik	2,325	4,5	4,675	3,75	CM
	Roll	2,325	9,35	5	6,25	CDM
	Gear	3	7,35	2,675	6,25	CDM
	Mata ayam	2,325	4,5	4,825	3,75	CM
	Kupingan	2,325	4,5	4,825	3,75	CM
Twisting	Vanbelt	10	2,35	1,35	1,25	PM
	Kawat					
	selling	4,5	9,35	7,35	8,75	BM
	Yarn Guide	1,35	8,65	7,175	8,75	BM
	Handle	2,675	4,5	4,175	3,75	CM
	Ekor babi	2,325	7,35	7,825	8,75	BM
Winding	Ban	4,675	1,65	3,175	3,75	CM
	Tensor soket	2,325	7,35	1,175	6,25	CDM
	Gunting	2	4,5	5	3,75	CM
Winding	Vanbelt	10	2,35	1,35	1,25	PM
	Keramik	2,325	7,35	7,325	8,75	BM
	Seal	10	2,175	1,325	1,25	PM

Keterangan :

- PM : Preventive Maintenance
- CM : Corrective Maintenance
- CDM : Condition Based Maintenance
- BM : Breakdown Maintenance

Analisa dan Validasi Hasil Pengolahan Data

Analisa atau validasi dilakukan dengan membandingkan hasil *output fuzzy* dengan kenyataan. Perusahaan menetapkan jenis pemeliharaan untuk komponen *vanbelt* dan *seal* adalah *breakdown main-*

tenance, sedangkan jenis pemeliharaan menurut hasil pengolahan data adalah *preventif maintenance*. Hal ini kemudian dikonfirmasi kepada pihak *maintenance* perusahaan PT. HAPETE dan mereka sependapat bahwa pemeliharaan yang paling cocok sebenarnya adalah *preventif maintenance*.

Komponen *vanbelt* dan *seal* adalah komponen yang memberikan pengaruh kegagalan yang sangat besar sehingga tepat apabila menggunakan *preventif maintenance*. *Preventif maintenance* akan mengurangi kegagalan yang dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan. Jenis usulan pemeliharaan ini akan disarankan pada saat revisi jadwal pemeliharaan mesin setiap akhir tahun.

Komponen yang membutuhkan jenis pemeliharaan *corrective maintenance* berdasarkan hasil *output* pengolahan adalah kawat otomatis, mata ayam, kupingan ban dan gunting. Hal ini sudah sesuai dengan kenyataan dimana keempat komponen ini juga mendapatkan jenis pemeliharaan *corrective maintenance* diperusahaan.

Roll, *gear*, dan tensor soket, ketiga komponen ini mendapatkan pemeliharaan *breakdown maintenance* diperusahaan. Hasil pengolahan *output* gabungan RCM dan *fuzzy* menghasilkan jenis pemeliharaan yang cocok untuk ketiga pemeliharaan adalah *condition based maintenance*. Hasil ini dikonsultasikan kepada pihak *maintenance* dan menurut pihak *maintenance*, pemeliharaan yang lebih baik untuk ketiga komponen adalah *condition based maintenance* karena dapat mengurangi kegagalan yang terjadi secara mendadak.

Ketiga komponen memiliki waktu terjadi kegagalan tidak terduga namun gejala kegagalan dapat dengan jelas terdeteksi. Divisi *maintenance* memerlukan kerja sama dengan operator dilapangan dalam menjalankan jenis pemeliharaan ini.

Komponen sisanya, kawat *selling*, *yarn guide*, ekor babi serta keramik dilakukan *breakdown maintenance* diperusahaan. Hasil *output* pemeliharaan berdasarkan RCM gabung *fuzzy logic* untuk keempat komponen juga *breakdown maintenance* sehingga dapat dikatakan bahwa hasil *output* pengolahan sudah sama baik dan cocok dengan hasil pemeliharaan yang diterapkan diperusahaan.

Simpulan

Metode RCM dikombinasikan dengan *fuzzy logic* dapat mengolah jawaban dari Divisi *Maintenance* perusahaan PT. HAPETE mengenai komponen mesin yang mengalami kegagalan selama bulan Mei sampai bulan September sehingga ditentukan jenis pemeliharaan.

Usulan yang tepat untuk pemeliharaan komponen *vanbelt* dan *seal* adalah *preventive maintenance*. Komponen yang membutuhkan jenis pemeliharaan *corrective maintenance* adalah kawat otomatis, mata ayam, kupingan, ban dan gunting.

Komponen yang membutuhkan *condition based maintenance* ada tiga, yaitu *roll*, *gear*, dan tensor soket. Komponen sisanya, kawat *selling*, *yarn guide*, ekor babi, dan keramik dilakukan *breakdown maintenance*.

Usulan pemeliharaan mesin ini dikonfirmasi kepada pihak perusahaan dan dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode RCM menggunakan pendekatan *fuzzy logic* lebih efektif dan tepat dalam mendeteksi jenis pemeliharaan yang tepat bagi pemeliharaan mesin perusahaan.

Daftar Pustaka

1. Higgs L.R., Mobley R.K., *Maintenance Engineering Handbook*, 6th ed., McGraw-Hill, 2002.
2. Jang, J., Sun, C.Mizutani, E., *Neuro-Fuzzy and Soft Computing-A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Automatic Control, IEEE Translations, 1997.
3. Klir, George J., Bo Yuan, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications*, Michigan: Prentice Hall International, 1995
4. Kusumadewi, S, Analisis dan Desain Sistem *Fuzzy* Menggunakan *Toolbox* Matlab, Jogjakarta: Graha Ilmu, 2002.
5. Moubroy J, *Reliability Centered Maintenance* 2nd ed., Industrial Press: New York, 1997.
6. O'Neil, A., *The Dempster-Shafer engine*, HYPERLINK, 1999.
7. Wang, L.X. 1997, *A Course in Fuzzy System and Control*, New Jersey: Prentice-Hall