

ANALISIS KEBIJAKAN PERAWATAN MESIN CINCINNATI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* DI PT. DIRGANTARA INDONESIA *

Muhammad Riseno Rasindyo, Kusmaningrum, Yanti Helianty

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: rasindyo.riseno@gmail.com

ABSTRAK

Mesin Cincinnati adalah sebuah mesin CNC yang berfungsi untuk membuat suatu profil pada benda kerja yang terbuat dari logam. Berdasarkan hasil pengamatan dan melihat pada Data Kerusakan Mesin yang dimiliki oleh Bagian Perawatan Mesin PTDI, diketahui bahwa frekuensi terjadinya kerusakan pada Mesin Cincinnati ini terbilang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan tingginya frekuensi terjadinya downtime yang mengakibatkan semakin seringnya aktivitas produksi terhenti. Tindakan pencegahan yang dilakukan perusahaan masih belum maksimal karena tindakan perbaikan masih sering terjadi. Untuk mengoptimalkan kinerja mesin perlu dilakukan analisis kebijakan perawatan mesin yang telah berlaku. Analisis kebijakan perawatan Mesin Cincinnati ini menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Hasil penerapan Metode RCM ini didapatkan adanya perubahan task perawatan yang signifikan, yaitu 2 Time Directed (TD), 14 Condition Directed (CD) dan 22 Task Failure Finding (FF).

Kata kunci: *Mesin Cincinnati, Perawatan, RCM*

ABSTRACT

Cincinnati Machine is a CNC machine that serves to create a profile on work pieces made of metal. Based on observations and look at the data Breakdown owned by PTDI Engine Maintenance Section, it is known that the frequency of occurrence of damage to the Cincinnati Machine is quite high. This leads to the high frequency of occurrence of downtime which resulted in more frequent production activity stalled. The precautions taken by the company is still not optimal because corrective actions are still common. To optimize machine performance should be analysis of the applicable policy machine maintenance. Cincinnati Machine maintenance policy analysis using Reliability Centered Maintenance (RCM) Method. Application result of RCM Method is obtained any significant changes in the maintenance task, namely 2 Time Directed (TD), 14 Condition Directed (CD) and 22 Task Failure Finding (FF).

Keywords: *Cincinnati Machine, Maintenance, RCM*

**Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional*

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Mesin Cincinnati adalah sebuah mesin CNC yang berfungsi untuk membuat suatu profil pada benda kerja yang terbuat dari logam. Perbedaan dengan Mesin CNC pada umumnya, Mesin Cincinnati ini dapat membuat komponen yang berukuran besar dan dalam satu waktu dapat membuat komponen yang sejenis dalam jumlah yang banyak.

Mesin Cincinnati merupakan *key facility* dalam sistem produksi di PTDI. Mesin ini sangat besar perananannya, karena merupakan mesin yang memproduksi secara langsung komponen-komponen utama pesawat terbang yang berukuran besar yang tidak mampu dibuat oleh mesin-mesin lainnya.

Mesin Cincinnati memiliki 4 sistem, yaitu sistem elektrik, hidrolik, pneumatik, dan mekanik. Dari sekian banyak sistem yang ada, sistem mekanik yang terdiri dari *Axis dan Spindle*, merupakan sistem yang frekuensi *breakdown* nya paling tinggi. Hal ini terbukti dari Data Kerusakan Mesin yang dimiliki oleh PT. Dirgantara Indonesia, bahwa sekitar 60% dari total biaya *maintenance* yang dikeluarkan merupakan akibat dari kerusakan sistem mekanik. Sistem ini sering mengalami kerusakan karena merupakan bagian dari mesin yang langsung berhubungan dengan benda kerja/komponen yang diproses. Melihat peranan yang begitu besar terhadap sistem produksi perusahaan, maka perlu dilakukan tindakan perawatan yang bersifat pencegahan dan perbaikan yang lebih baik sehingga kegiatan produksi dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil pengamatan dan melihat pada Data Kerusakan Mesin yang dimiliki oleh Bagian Perawatan Mesin PT.Dirgantara Indonesia (PTDI), diketahui bahwa frekuensi terjadinya kerusakan Mesin Cincinnati ini terbilang cukup tinggi, Hal ini menyebabkan tingginya frekuensi terjadinya *downtime* (waktu mesin tidak beroperasi) yang mengakibatkan semakin seringnya aktivitas produksi terhenti. Tindakan pencegahan yang dilakukan perusahaan masih belum maksimal karena tindakan perbaikan masih sering terjadi.

Disamping itu, dengan mesin yang tidak optimal tentu hal ini akan menyebabkan cacat pada part/benda kerja. Seringnya dilakukan tindakan perbaikan tentu saja akan merugikan perusahaan, karena selain biaya perawatan dan biaya penggantian *part* yang cacat menjadi besar, kapasitas produksi juga akan menurun.

Berdasarkan uraian di atas, untuk memberikan usulan perbaikan kebijakan perawatan Mesin Cincinnati, salah satu metode yang cocok dan dapat digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode RCM ini sebuah proses sistematis yang dilakukan untuk menjamin seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. Metode RCM akan membawa kepada sebuah *maintenance program* yang fokus pada pencegahan terjadinya jenis kegagalan yang sering terjadi. Sehingga pada akhirnya dapat dilakukan pengembangan terhadap kebijakan perawatan terhadap mesin tersebut.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Definisi Perawatan

Perawatan atau *maintenance* merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas agar tetap dalam keadaan yang dapat diterima menurut standar yang berlaku pada tingkat biaya yang wajar (Supandi, 1998).

2.2 Jenis Perawatan

Terdapat 2 Jenis kegiatan perawatan yaitu *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance* (Sudrajat, 2011).

a. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance merupakan kegiatan perawatan (pencegahan) yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan. Tindakan yang dilakukan pada preventive maintenance dapat dilakukan menjadi 4 kategori.

1. *Time Directed Maintenance* (TD)

Kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan secara berkala pada suatu peralatan sehingga alat tersebut kembali pada kondisi semula, sebelum alat tersebut diganti oleh alat yang baru.

2. *Condition Directed Maintenance* (CD)

Kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan kondisi yang berlangsung dimana variabel waktu tidak diketahui kapan secara tepat, sehingga tidak diketahui kerusakan akan terjadi pada peralatan.

3. *Failure Finding Maintenance* (FF)

Kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan dengan cara memeriksa fungsi tersembunyi (*hidden function*) secara *periodic* atau terjadwal, untuk memastikan kapan suatu komponen akan mengalami kegagalan.

4. *Run to Failure Maintenance* (RTF)

Kegiatan perawatan yang bertujuan untuk mengetahui kapan terjadinya kerusakan dengan cara membiarkan suatu alat beroperasi sampai alat tersebut mengalami kerusakan

b. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance merupakan kegiatan perawatan (perbaikan) yang tidak direncanakan untuk mengembalikan performansi kerja atau kemampuan peralatan ke kondisi semula. Tindakan yang diambil berupa penggantian komponen, perbaikan kecil dan perbaikan besar pada akhir periode tertentu (*overhaul*).

2.3 **RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE**

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu metode untuk mengembangkan, memilih dan membuat alternative strategi perawatan yang didasarkan pada criteria operasional, ekonomi, dan keamanan (Smith, 1993).

Terdapat 7 tahapan dalam proses pengerjaan menggunakan Metode RCM

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

2. Definisi Batasan Sistem

3. Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram*

4. Penentuan Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional

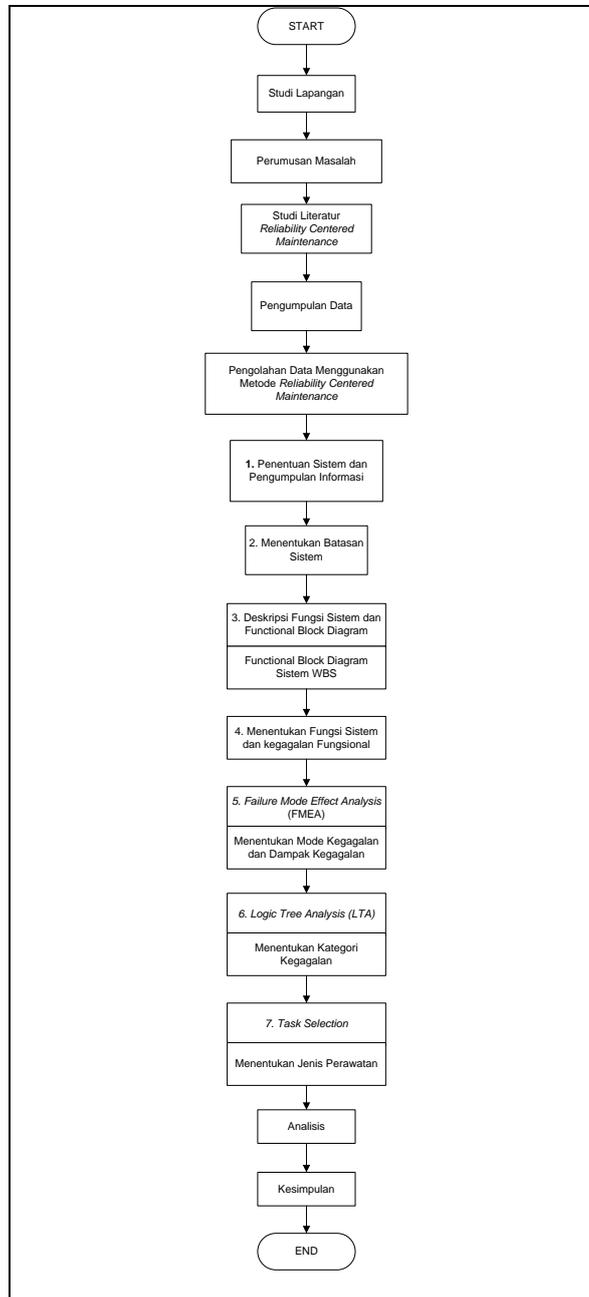
5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

7. *Task Selection*

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah pemecahan masalah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah Pemecahan Masalah

Penelitian ini dimulai dengan studi lapangan. Kegiatan studi lapangan ini meliputi pengamatan terhadap kegiatan perawatan mesin dan wawancara terhadap para teknisi, supervisor, dan bagian administrasi perawatan di PT. Dirgantara Indonesia. Setelah melakukan observasi mengenai kondisi di lapangan, semua permasalahan yang ada dapat diketahui sehingga masalah-masalah yang ada dapat dijabarkan di perumusan masalah.

Di dalam studi literatur, dilakukan tinjauan dan pemahaman mengenai teori-teori yang akan digunakan untuk memecahkan permasalahan yang terjadi. Setelah didapatkan suatu teori

atau metode yang tepat (pada penelitian ini adalah Metode *Reliability Centered Maintenance*), maka tahapan selanjutnya adalah mengumpulkan data-data valid, yang berguna untuk kepentingan dalam proses pemecahan permasalahan. Pengolahan data tersebut dilakukan berdasarkan atas Metode RCM, yang pada prosesnya melalui tujuh tahapan pengerjaan. Setelah selesai melakukan pengolahan data, maka dapat dilakukan analisis terhadap hasil yang didapat berdasarkan pengolahan data dibandingkan dengan data yang ada di lapangan (perusahaan).

Berdasarkan hasil pengolahan data dan proses yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan mengenai perawatan yang efektif. Setelah didapatkan kesimpulan maka saran dapat diberikan kepada perusahaan agar kebijakan perawatannya menjadi lebih baik

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 MESIN YANG TERDAPAT PADA AERO STRUCTURE PT. DIRGANTARA INDONESIA

Di dalam rantai produksi PTDI terdapat tiga kelompok mesin, diantaranya *Surface Treatment & Bonding Composite, Machining Shop & Sheet Metal*, dan Bengkel Permesinan *Tools*. Di dalam *Machining Shop* terdapat *CNC Vertical Mill, CNC & Conv. Lathe, TNC Mill Grinding, Large & Multi Gantry, Large & Multi Spindle*. Pada kelompok *Mesin Large & Multi Gantry dan Multi Spindle* inilah Mesin Cincinnati terletak. Pada penelitian tugas akhir ini, fokus penelitian hanya terhadap Mesin Cincinnati. Pemilihan Mesin Cincinnati ini berdasarkan observasi di lapangan dan merujuk pada Data Kerusakan Mesin di PTDI. Di samping itu, Mesin Cincinnati kini menjadi *key facility* dalam sistem produksi di PTDI yang harus dijaga keandalannya.

4.2 PENENTUAN SISTEM DAN PENGUMPULAN INFORMASI

Mesin Cincinnati memiliki 4 sistem, yaitu sistem elektrik, sistem hidrolik, sistem pneumatik dan sistem mekanik. Suatu Mesin Cincinnati dapat bekerja jika semua sistem yang ada itu berfungsi dengan baik. (MachineWeb, 1999)

Pada tahap ini dilakukan penentuan level (komponen, sistem, atau plant) yang akan dianalisis dengan menggunakan Metode RCM dan melakukan pemilihan sistem jika semua plant/fasilitas tidak akan diteliti. Penentuan sistem ini harus berdasarkan kriteria RCM. Pada penelitian ini, sistem yang terpilih adalah sistem mekanik. Setelah sistem ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah mengumpulkan informasi mengenai sistem yang akan diteliti.

4.3 DEFINISI BATASAN SISTEM

Definisi batasan sistem merupakan suatu definisi kasar mengenai sistem dan batasan yang telah ditetapkan. Pada tahapan ini, batasan sistem sangat diperlukan untuk mengetahui apa yang menjadi masukan (*Input*) dan keluaran (*output*) dari suatu sistem. Dalam penelitian ini, sistem yang diteliti adalah sistem mekanik yang terdiri dari *Axis* dan *Spindle*. Tahapan ini akan menghasilkan informasi mengenai *In/Out Interface* dari sistem mekanik tersebut. Batasan sistem Mesin Cincinnati dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Batasan sistem mesin cincinnati

BATASAN SISTEM	TYPE	INTERFACE LOCATION
Listrik (AC)	IN	Sumber arus listrik yang diterima <i>CNC</i> .
G-Code	OUT	<i>CNC</i> memberikan perintah ke <i>Servo Amplifier (Axis)</i> .
G-Code	OUT	<i>CNC</i> memberikan perintah ke <i>Servo Spindle</i> .
Sinyal	IN	<i>Servo Amplifier</i> meneruskan sinyal ke <i>Motor Axis</i>
Sinyal	IN	<i>Servo Spindle</i> meneruskan sinyal ke <i>Motor Spindle</i>
Energi Mekanik	OUT	Gerakan pada <i>Motor (Axis & Spindle)</i> yang membuat gerakan 5 arah potong, dan putaran pada mata pahat di <i>Spindle</i> .
Listrik (DC)	OUT	<i>Pulse Coder</i> pada <i>Tacho (Axis & Spindle)</i> mengirim <i>feedback</i> untuk ke sistem kontrol (<i>CNC</i>).

4.4 DESKRIPSI FUNGSI SISTEM DAN *FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM*

Pada tahapan ini dilakukan pendeskripsian sistem untuk mengidentifikasi desain sistem yang kritis, hubungan antar komponen dan pengaruhnya terhadap kinerja sistem. Informasi yang ada kemudian digunakan untuk membuat *functional block diagram* untuk mengidentifikasi sistem dengan rinci. Fungsi untuk setiap komponen yang terdapat pada subsistem (*Axis dan Spindle*) dapat dilihat pada Appendix Tabel 1.

4.5 PENENTUAN FUNGSI SISTEM DAN KEGAGALAN FUNGSIONAL

Fungsi sistem dan kegagalan fungsional dapat diketahui berdasarkan diskripsi sistem, informasi kerusakan yang terjadi, dan pengamatan secara langsung terhadap sistem yang diteliti. Pada tahapan ini, dilakukan analisis mengenai kegagalan fungsional yang terjadi pada sistem yang diteliti, penjelasan mengenai kegagalan, komponen yang terkait serta hubungan antar komponen pada sistem tersebut. Hasil yang didapatkannya adalah informasi mengenai jenis kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada sistem. Fungsi sistem dan kegagalan fungsional dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Fungsi sistem

No.	Nama Fungsi	Deskripsi Fungsional
1	Subsistem <i>Axis</i>	Menentukan arah potong mata pahat (cutter) pada benda kerja
2	Subsistem <i>Spindle</i>	Menggerakkan mata pahat untuk memakan atau memotong benda kerja.

Dari data kerusakan Mesin Cincinnati diketahui bahwa dalam periode Januari 2012 hingga Januari 2014, terdapat total 550 kasus kerusakan pada Mesin Cincinnati, dari total kasus tersebut, sebanyak 258 kasus kerusakan terjadi pada *axis dan spindle*. Akibat dari total kasus kerusakan tersebut, perusahaan harus mengeluarkan total *maintenance cost* sebesar Rp.29,293,975,842.78. Dari total *maintenance cost* yang ada, sebesar Rp.17,431,648,222.03 diakibatkan oleh kerusakan pada *axis dan spindle*. Berdasarkan data kerusakan tersebut dan hasil wawancara dengan para teknisi mesin, diketahui bahwa terdapat 12 kegagalan fungsional pada *axis dan spindle* yang paling sering membuat Mesin Cincinnati ini rusak. Penjelasan mengenai deskripsi 12 kegagalan fungsional serta komponen yang terkait dapat dilihat pada Appendix Tabel 2.

4.6 *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)*

Mode kegagalan (*failure mode*) merupakan suatu keadaan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsional. Mode kegagalan tersebut dapat mencakup semua kegagalan yang mungkin terjadi. Sehingga apabila mode kegagalan dapat diketahui maka dampak kegagalan dari suatu sistem dapat tergambarkan. Selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan konsekuensi dan memutuskan apa yang akan dilakukan untuk mengantisipasi, mencegah, mendeteksi, dan memperbaiki. (Samatis, 2003)

Mode kegagalan yang terjadi akan dilihat apakah memberikan efek kegagalan pada tingkat lokal, sistem, dan *plant*. Efek kegagalan pada tingkatan lokal akan menyebabkan komponen tidak dapat memenuhi fungsinya dengan baik. Efek kegagalan pada tingkatan sistem akan menyebabkan fungsi dari sistem terganggu atau tidak bekerja. Sedangkan efek kegagalan pada tingkatan plant atau fasilitas akan menyebabkan kegagalan pada fasilitas atau peralatan.

Cara pengerjaan FMEA adalah sebagai berikut.

- ❖ Komponen: *Tacho Generator*

- ❖ Mode Kegagalan: *Function Imperfect*
- ❖ Penyebab Kegagalan: Tacho Kotor
- ❖ Efek kegagalan yang timbul jika komponen rusak:
 1. Kegagalan Lokal: Tacho tidak berfungsi
 2. Kegagalan Sistem: Sinyal *feedback* tidak terkirim
 3. Kegagalan Fasilitas: Part/benda kerja cacat

4.7 LOGIC TREE ANALYSIS

Logic Tree Analysis merupakan suatu alat pengukuran secara kualitatif yang bertujuan untuk menekan suatu prioritas dan sumber daya yang harus dialokasikan pada setiap mode kegagalan untuk mengklasifikasikan mode kegagalan karena mode kegagalan tidaklah sama. Pada proses ini digunakan tiga pertanyaan logis yang sederhana atau struktur keputusan yang memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis mode kegagalan yang telah diketahui secara akurat dan cepat ke dalam satu dari empat kategori yang ada. Sehingga pada akhirnya mode kegagalan yang telah diketahui dapat dikategorikan berdasarkan ketentuan. Adapun contoh penyusunan *Logic Tree Analysis* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Contoh penyusunan LTA

FF No.	Kegagalan	Komponen dan Mode Kegagalan	Analisis Kritis				Kategori	Comment
			<i>Evident?</i>	<i>Safety?</i>	<i>Outage?</i>	<i>Economic?</i>		
			D	A	B	C		
1	Hasil Permukaan Part Kasar	Tacho Generator - Function Imperfect	T	T	T	Y	D/C	Kegagalan yang mengakibatkan cacat pada part/benda kerja, yaitu hasil permukaan part kasar, namun hal ini tidak sangat berpengaruh secara ekonomi, karena part masih bisa di perbaiki (<i>rework</i>).

4.8 TASK SELECTION

Pada tahapan ini setiap mode kegagalan telah diketahui. *Task Selection* dilakukan untuk menentukan kebijakan yang paling mungkin untuk diterapkan dan memilih *task* yang efektif untuk setiap mode kegagalan yang ada. Pada proses *Task Selection* ini dilakukan penentuan hubungan kegagalan dengan jenis *task* yang ada, apakah kegagalan yang ada berhubungan langsung dengan *Time Directed* (TD), *Condition Directed* (CD), dan *Failure Finding* (FF). Serta pengelompokan mode kegagalan kedalam kategori *Hidden Failure* (D) atau ekonomi (C). Sehingga pada akhirnya didapatkan jenis perawatan yang efektif. Adapun contoh penyusunan *Task Selection* ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Contoh penyusunan task selection

FF No.	Komponen dan Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Selection Guide								Candidate Tasks	Effectiveness Info	Sel. Dec.	Est. Freq.
			1	2	3	4	5	6	7	8				
	Tacho Generator - Function Imperfect (D/A)	Tacho kotor	Y	Y	T	Y	Y	T	-		TD - TIME DIRECTED FF - FAILURE FINDING	TD - Mencegah kerusakan secara berkala pada suatu alat sehingga alat tersebut kembali pada kondisi semula, sebelum alat tersebut rusak/diganti. FF - Mencegah kerusakan dengan memeriksa fungsi tersembunyi dari suatu alat secara periodic atau terjadwal.	FF	

5. ANALISIS

5.1 ANALISIS TASK TERPILIH

Mode kegagalan yang terjadi pada setiap komponen berbeda-beda, sehingga tindakan perawatannya pun berbeda. Berdasarkan hasil pengolahan data mode kegagalan untuk setiap komponen pada Sistem Mekanika Mesin Cincinatti sudah dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori.

5.2 ANALISIS PERBANDINGAN KEBIJAKAN PERAWATAN

Kebijakan yang berlaku pada saat ini dibandingkan dengan kebijakan hasil pengolahan data berdasarkan Metode RCM guna mendapatkan kebijakan perawatan terbaik untuk Sistem Mekanika Mesin Cincinnati. Perbandingan kebijakan antara keduanya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan kebijakan perawatan

No.	Komponen	Mode Kegagalan	Task Kebijakan Sebelumnya	Task Kebijakan dari Hasil Metode RCM	Effectiveness Information
1	<i>Draw Bar</i>	Pipa tersumbat	CM/RTF	TIME DIRECTED	Mencegah kerusakan secara berkala pada suatu alat sehingga alat tersebut kembali pada kondisi semula, sebelum alat tersebut rusak/diganti.
2	<i>Cones Spindle</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
3	<i>Servo(Axis)</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF	CONDITION DIRECTED	Mencegah kerusakan dengan cara memprediksikan kapan terjadinya kegagalan suatu fungsi dengan parameter yang berhubungan dengan kerusakannya.
4	<i>Servo(Axis)</i>	<i>No Go - Will Not Start</i>	CM/RTF		
5	<i>Rotor</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
6		<i>No Go - Will Not Start</i>	CM/RTF		
7	<i>Stator Magnetic Permanent</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
8		<i>No Go - Will Not Start</i>	CM/RTF		
9	<i>Carbon Brush</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
10		<i>No Go - Will Not Start</i>	CM/RTF		
11	<i>Rotor</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
12	<i>Stator Magnetic Permanent</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
13	<i>Carbon Brush</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
14	<i>Spindle Bearing</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
15	<i>Spindle Carrier</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
16	<i>Shifter Spindle</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
17	<i>Servo(Axis)</i>	<i>Function Imperfect</i>	CM/RTF	FAILURE FINDING	Mencegah kerusakan dengan memeriksa fungsi tersembunyi dari suatu alat secara periodic atau terjadwal.
18	<i>Tacho Generator</i>	<i>Function Imperfect</i>	CM/RTF		
19		<i>Trouble</i>	CM/RTF		
20		<i>No Go - Will Not Start</i>	CM/RTF		
21		<i>Trouble</i>	CM/RTF		
22	<i>Resolver</i>	<i>Function Imperfect</i>	CM/RTF		
23	<i>Roda Gigi</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
24	<i>Bearing</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
25	<i>Shaft</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
26	<i>Pompa Lubrikasi</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
27	<i>Mechanical Shield</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
28	<i>Bearing Slide Way</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
29	<i>Way Gear</i>	<i>Oil Leak</i>	CM/RTF		
30	<i>Chip Wiper</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
31	<i>Guide Way</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
32	<i>Servo</i>	<i>Over Load</i>	CM/RTF		
33	<i>Inverter</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
34		<i>Over Load</i>	CM/RTF		
35	<i>Tacho Generator</i>	<i>Trouble</i>	CM/RTF		
36	<i>Gear Change</i>	Gear patah	CM/RTF		
37	<i>Planetary Gear</i>	<i>Thrust Bearing rusak</i>	CM/RTF		
38	<i>Pompa Lubrikasi</i>	Terjadi kehausan	CM/RTF		

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui terdapat 38 *tasks* mode kegagalan pada setiap komponen. Kebijakan perawatan yang ada pada saat ini adalah *Run to Failure* (RTF), mesin dioperasikan sampai rusak sehingga kebijakan perawatan mesin lebih cenderung *Corrective Maintenance*. Sedangkan berdasarkan kebijakan perawatan menggunakan Metode RCM didapatkan adanya perubahan *task* yang signifikan, yaitu 2 *Time Directed* (TD), 14 *Condition Directed* (CD) dan 22 *Task Failure Finding* (FF)

Kebijakan perawatan Mesin Cincinnati berdasarkan Teori RCM, didapatkan:

- **2 Mode kegagalan menggunakan *Task Time Directed***

Hal ini didasari oleh kenyataan bahwa umur keandalan alat dapat diketahui serta letak alat yang mudah dijangkau operator memudahkan untuk melakukan kegiatan perawatan rutin dan penggantian.

- **14 Mode kegagalan menggunakan *Task Condition Directed***
Hal ini didasari oleh kenyataan bahwa umur keandalan alat tidak diketahui secara pasti, serta operator mengetahui bahwa telah terjadi kegagalan fungsi.
- **22 Mode kegagalan menggunakan *Task Failure Finding***
Hal ini didasari oleh kenyataan bahwa umur keandalan alat tidak diketahui secara pasti, serta operator tidak mengetahui bahwa telah terjadi kegagalan fungsi (ada faktor *hidden failure*).

PT. Dirgantara Indonesia melalui manajemen perawatan mesinnya memberikan kebijakan untuk merawat mesin secara periodik yaitu pada jam ke-2000 dan ke-4000, hal ini dirasa belum cukup efektif untuk mencegah kerusakan atau kegagalan. Hal ini berdasarkan data dan informasi mengenai komponen-komponen yang terdapat pada sistem yang diamati, hampir semua komponen tidak diketahui umur pakai terbaiknya (keandalannya), sehingga kegagalan akan mudah terjadi. Hal ini tentu saja akan merugikan perusahaan, karena setiap mesin bisa saja berhenti beroperasi secara tiba-tiba. Jika suatu mesin tidak dapat beroperasi dan dilakukan *corrective maintenace*, perusahaan akan menanggung kerugian finansial seperti, *material cost total*, *down-time cost*, *man hour cost*, dan *maintenance cost*. Selain itu kerugian material yang ditanggung perusahaan akan bertambah besar jika part/benda kerja yang diproduksi sering mengalami cacat.

6. KESIMPULAN

1. Kegiatan perawatan mesin yang hingga saat ini berlaku di PT. Dirgantara Indonesia (PTDI) adalah *corrective maintenance* dengan memberlakukan kebijakan penggunaan/pengoperasian mesin hingga mesin tersebut mengalami kerusakan (*Run to Failure*). Selain itu, PTDI juga memberlakukan kegiatan-kegiatan pencegahan (*preventive*) yang dilakukan setahun dua kali atau dalam kondisi periode pertama bila penggunaan mesin telah mencapai 200 jam dan periode kedua bila penggunaan mesin telah mencapai 400 jam (*Time Directed*), dimana dalam selang waktu tersebut tidak dilakukan pemeriksaan menyeluruh sampai batas waktu pengecekan berikutnya. Sedangkan kegiatan perawatan dengan menggunakan metode RCM memberlakukan pengecekan komponen sesuai dengan kondisi dan gejala-gejala kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen.
2. Setelah melakukan perbandingan kebijakan perawatan antara yang berlaku di PTDI dengan Metode RCM, didapatkan kesimpulan bahwa terdapat perubahan *task* yang sangat jelas.
3. Beberapa kebijakan berdasarkan Metode RCM yang mungkin dapat diterapkan di PTDI saat ini adalah *Time Directed*, *Condition Directed*, dan *Failure Finding*. Hal ini mengindikasikan bahwa perlu adanya evaluasi mengenai kebijakan tindakan pencegahan yang sudah berjalan hingga saat ini. Dari ketiga *task* tersebut, *Failure Finding* merupakan *task* untuk mode kegagalan yang paling banyak, yaitu 22 mode kegagalan. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan berkaitan dengan *Task Failure Finding* ini adalah melakukan pengecekan secara rutin untuk komponen yang mudah dijangkau oleh operator dan pengecekan secara berkala (maks. 3 bulan sekali) untuk komponen yang memerlukan penanganan lebih dalam.

REFERENSI

MachineWeb. 1999. *Cincinnati 5 Axis 3 Spindle*. Diambil dari: www.machinetools.com (11 November 2014).

Samatis, D. H. 2003. *Failure Mode and Effect Analysis – FMEA from Theory to Execution*. USA: American Society for Quality.

Smith, Anthony.M. 1993. *Reliability Centered Maintenance*. USA: McGraw-Hill Inc.

Sudrajat, Ating. 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: Refika Aditama.

Supandi. 1998. *Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: Ganeca Exact.

APPENDIX

- Fungsi untuk setiap komponen yang terdapat pada subsistem (*Axis dan Spindle*) dapat dilihat pada Appendix Tabel 1.

Tabel 1 Deskripsi fungsi subsistem

Subsistem	Komponen	Bagian dari	Fungsi
AXIS	<i>Servo</i>	<i>Servo Amplifier</i>	Merubah energi listrik menjadi energi mekanik
	<i>Rotor</i>	<i>Motor Axis (DC)</i>	Mengubah gaya elektromagnetik menjadi energi mekanik
	<i>Stator Magnetic Permanent</i>		Untuk membangkitkan tegangan listrik
	<i>Carbon Brush</i>		Penyuplai arus listrik ke <i>Rotor</i>
	<i>Tacho Generator</i>		Sebagai pengirim <i>Feedback Command</i>
	<i>Resolver</i>		Sebagai sensor elektromagnetik
	Roda Gigi	<i>Gear Box</i>	Mentransmisikan daya.
	<i>Bearing</i>		Memperhalus putaran <i>Gear</i>
	<i>Shaft</i>		Untuk mmeruskan tenaga putar
	Pompa Lubrikasi		Untuk pelumasan pada <i>Gear Box</i>
	<i>Mechanical Shield</i>	<i>Slide Way</i>	Sebagai pengaman <i>Bearing</i> agar oli tidak masuk
	<i>Bearing Slide Way</i>		Memperkecil koefisien gaya gesek
	<i>Way Gear</i>		Sebagai roda penggerak axis pada <i>Guide Way</i>
	<i>Chip Wiper</i>		Pembersih dan penahan kotoran agar tidak masuk ke <i>Slide Way</i>
<i>Guide Way</i>	Sebagai rel/lintasan <i>Slide Way</i>		
SPINDLE	<i>Servo</i>	<i>Spindle Drive</i>	Merubah energi listrik menjadi energi mekanik
	<i>Inverter</i>	<i>Motor Spindle (DC)</i>	Mengatur kecepatan motor-motor listrik (<i>servo</i>)
	<i>Rotor</i>		Mengubah gaya elektromagnetik menjadi energi mekanik
	<i>Stator Magnetic Permanent</i>		Untuk membangkitkan tegangan listrik
	<i>Carbon Brush</i>		Penyuplai arus listrik ke <i>Rotor</i>
	<i>Tacho Generator</i>		Sebagai pengirim <i>Feedback Command</i>
	<i>Gear Change</i>	<i>Gear Box</i>	Pengatur tingkat kecepatan transmisi
	<i>Draw Bar</i>		Sebagai <i>holder cutter</i>
	<i>Planetary Gear</i>		Memberikan opsi kecepatan transmisi
	Pompa Lubrikasi		Untuk pelumasan pada <i>Gear Box</i>
	<i>Spindle Bearing</i>	<i>Spindle Metric</i>	Memperhalus putaran pada <i>Spindle</i>
	<i>Spindle Carrier</i>		Dudukan mata pahat/ <i>Cutter</i>
	<i>Cones Spindle</i>		Penahan mata pahat/ <i>Cutter</i>
	<i>Shifter Spindle</i>		Tuas pengatur gerak <i>Spindle</i>

- Penjelasan mengenai deskripsi 12 kegagalan fungsional serta komponen yang terkait dapat dilihat pada Appendix Tabel 2.

Tabel 2 Deskripsi kegagalan fungsional

FF No.	Kegagalan Fungsional	Penjelasan	Komponen yang Terkait	Hubungan Komponen
1	Hasil Permukaan Part Kasar	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat beberapa komponen dari <i>axis</i> dan <i>spindle</i> mengalami masalah sehingga mengakibatkan cacat pada part/benda kerja berupa kasar pada permukaannya.	Servo Tacho Generator Gear Change Draw Bar Planetary Gear Pompa Lubrikasi	Komponen yang terkait merupakan komponen utama sehingga bila salah satu komponen mengalami kerusakan maka akan terjadi kegagalan.
2	Over Travel	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat beberapa komponen <i>axis</i> mengalami masalah, sehingga dapat mengakibatkan cacat pada benda kerja.	Servo Tacho Generator Resolver	
3	Hasil Pemakanan Minus	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat beberapa komponen <i>spindle</i> mengalami masalah, sehingga hasil pemakanan pada part/benda kerja menjadi minus	Servo Gear Change Draw Bar Planetary Gear Pompa Lubrikasi	
4	Hasil Pemakanan Bergelombang	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat beberapa komponen <i>axis</i> dan <i>spindle</i> mengalami masalah, sehingga hasil pemakanan pada part/benda kerja menjadi bergelombang.	Servo Tacho Generator Resolver Gear Change Draw Bar Planetary Gear Pompa Lubrikasi	
5	Axis Tidak Mau Home	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat beberapa komponen <i>axis</i> mengalami masalah sehingga <i>axis</i> tidak mau kembali ke posisi awal.	Servo Spindle Bearing Spindle Carrier Cones Spindle Shifter Spindle	
6	Mesin Mati Mendadak	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat servo yang bekerja di luar batas kewajaran akibat terjadi kerusakan pada <i>slide way</i> yang menyebabkan temperatur <i>servo</i> meningkat sehingga mengakibatkan mesin mati.	Servo Bearing Shaft Pompa Lubrikasi Mechanical Shield Bearing Slide Way Chip Wiper Guide Way	
7	Synchronize Error	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat adanya kerusakan pada <i>lilitan resolver</i> yang mengakibatkan <i>tacho generator</i> menjadi <i>error</i> sehingga gerak <i>Axis</i> menjadi tidak sinkron.	Tacho Generator Resolver Roda Gigi Bearing Shaft Pompa Lubrikasi Way Gear	
8	Mesin Kehilangan Torsi	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat hilangnya sifat kemagnetan pada <i>Motor Axis</i>	Rotor Stator Magnetic Permanent Carbon Brush	
9	Mesin Mati (Tidak Mau ON)	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat terjadi kerusakan pada beberapa komponen di <i>Servo Spindle</i> sehingga mesin tidak dapat ON.	Servo Spindle Rotor Stator Magnetic Permanent Carbon Brush Tacho Generator	
10	Backlash (Longgar/Goyang)	Merupakan kegagalan yang terjadi akibat terjadi kerusakan pada <i>Gear Box</i> , sehingga mengakibatkan <i>spindle</i> goyang.	Inverter Gear Change Draw Bar Planetary Gear	
11	Gangguan pada <i>Spindle Metric/Spindle Error</i>	Merupakan kegagalan yang terjadi pada beberapa komponen di <i>spindle</i> sehingga <i>spindle</i> mengalami masalah.	Pompa Lubrikasi Spindle Bearing Spindle Carrier Cones Spindle Shifter Spindle	
12	Over Load	Merupakan kegagalan yang terjadi karena beberapa komponen pada <i>spindle</i> mengalami masalah yang diakibatkan oleh beban yang terlalu berat.	Servo Spindle Inverter	