

PENGEMBANGAN PROGRAM *PREVENTIVE MAINTENANCE* MESIN CINCINNATI MILACRON DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* DAN *RISK MATRIX* DI PT. DIRGANTARA INDONESIA

Shabrina Zatalini Kuswardani¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Nurdinintya Athari³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹ shabrinazk@gmail.com, ² franstatas@telkomuniversity.ac.id, ³ nurdinintya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT DI (Indonesian Aerospace Inc.) adalah industri pesawat terbang yang pertama dan satu-satunya di Indonesia dan di wilayah Asia Tenggara. Saat ini, selain memproduksi untuk kebutuhan pesawat dalam negeri, PT. DI juga melayani pesanan kebutuhan *part* untuk Airbus. Pemenuhan produk pesanan PT. DI mengikuti prosedur dan tenggat waktu yang ketat dari pemesan, sehingga produk pesanan harus dipenuhi sesuai spesifikasi pemesan dan dikirimkan tepat waktu. Tetapi untuk mencapai pengiriman tepat waktu tersebut, PT. DI dihadapkan dengan kendala operasional, yaitu banyak nya *downtime* yang terjadi.

Metode penelitian yang digunakan adalah *Reliability centered maintenance* dengan menggabungkan analisis kualitatif yang meliputi *Failure Mode and Effect Analysis* dan *RCM Decision Worksheet*. Metode lain yang digunakan yaitu dengan *tools Risk Matrix* untuk menentukan *critical system*. Dari hasil penilaian *Risk Matrix* terpilihlah Axis sebagai *critical system* yang akan dibahas lebih lanjut dalam penelitian ini.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan RCM yang dilakukan pada *equipment Axis*, diperoleh dua puluh sembilan *scheduled on-condition* dan tujuh belas *scheduled restoration*. Sementara interval waktu perawatan masing-masing *equipment* berbeda-beda sesuai dengan *task* yang diperoleh. Selisih biaya perawatan apabila perusahaan menggunakan kebijakan *maintenance* usulan dibandingkan dengan kebijakan *maintenance* eksisting adalah Rp 320,150,400.00.

Kata Kunci : RCM, *Reliability centered maintenance*, *Decision Worksheet*, *Failure Mode and Effect Analysis*, *Risk Matrix*

Abstract

PT DI (Indonesian Aerospace Inc.) is the aircraft industry first and the only one in Indonesia and elsewhere in Southeast Asia. Currently, besides producing for the needs of the domestic aircraft, PT. DI also serve the needs of part orders for Airbus. Fulfillment of product orders PT. DI follow procedures and strict deadlines of the customer, so the product must be met in order according customer specifications and delivered on time. But to achieve timely delivery, PT. DI faced with operational constraints, that many of his downtime happens

The method used is the *Reliability centered maintenance* by combining qualitative analysis covering *Failure Mode and Effect Analysis* and *RCM Decision Worksheet*. Another method used is by *Risk Matrix* tools to determine critical systems. Risk assessment of the results of Matrix Axis elected as a critical system that will be discussed further in this study.

Based on the results of data processing using RCM conducted on equipment Axis, obtained twenty nine *scheduled on-condition* and seventeen *scheduled restoration*. While maintenance intervals each equipment vary according to the task obtained. Difference in cost of care when using the company's maintenance policy proposals compared with existing maintenance policy is Rp 320,150,400.00.

Keywords : RCM , *Reliability centered maintenance*, *Decision Worksheet*, *Failure Mode and Effect Analysis*, *Risk Matrix*

1. Pendahuluan

Seiring dengan perubahan zaman, segala aspek dalam hidup manusia dituntut untuk lebih cepat dan efisien. Perpindahan manusia, barang, informasi, logistik dituntut untuk lebih cepat dari tempat asal ke tempat tujuan. Hal ini yang mendorong sistem dan sarana transportasi berkembang secara pesat. Diantara berbagai jenis sarana transportasi yang ada di dunia, pesawat merupakan transportasi yang paling efektif dengan berbagai keunggulan. Dilihat dari segi ketepatan waktu, kecepatan serta jarak tempuh yang jauh dapat ditempuh dalam waktu singkat

menjadikan pesawat unggul dibandingkan sarana transportasi yang lain. Mulai dari jasa angkut penumpang hingga kargo

Di Indonesia pemerintah mendirikan PT. Dirgantara Indonesia (PT DI) untuk memenuhi kebutuhan pesawat dalam negeri. PT. DI (Indonesian *Aerospace Inc.*) adalah industri pesawat terbang yang pertama dan satu-satunya di Indonesia dan di wilayah Asia Tenggara. Saat ini selain memproduksi untuk kebutuhan pesawat dalam negeri, PT. DI juga melayani pesanan kebutuhan *part* untuk Airbus. Pemenuhan produk pesanan PT. DI mengikuti prosedur dan tenggat waktu yang ketat dari pemesan, sehingga produk pesanan harus dipenuhi sesuai spesifikasi pemesan dan dikirimkan tepat waktu. Tetapi untuk mencapai pengiriman tepat waktu tersebut, PT. DI dihadapkan dengan kendala operasional, yaitu banyak nya *downtime* yang terjadi selama beberapa tahun terakhir, hal ini tentu menyebabkan kerugian berupa *downtime cost* yang tinggi dan terganggunya proses produksi. Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa *downtime* yang terjadi pada PT DI relatif meningkat dari tahun 2012 - 2015 dan mencapai puncaknya pada tahun 2015 sebesar 5,956 jam. Hal ini berarti sebagian besar proses produksi di PT. DI tidak berjalan sesuai rencana dan tentunya menimbulkan kerugian bagi PT. DI. Dampak *downtime* yang tinggi pada tahun 2015 tersebut mengakibatkan kerugian Rp 12,012,868,093 yang merupakan *downtime cost*. Tingginya *downtime* pada tahun 2015 juga dipengaruhi oleh tingginya frekuensi kerusakan masing – masing kategori mesin yang ada di PT. DI. Setelah di amati lebih lanjut tingginya *downtime* ditahun 2015 ini dipengaruhi oleh *downtime* mesin Cincinnati Milacron yang tinggi. Maka dipilihlah Cincinnati sebagai objek penelitian

Saat ini *Departemen Maintenance* PT. DI sudah memiliki kegiatan perawatan mesin yang terbagi menjadi dua bagian, yakni *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Namun kegiatan *maintenance* di Direktorat *Aerostructure* ini dinilai masih belum efektif. Hal ini terlihat dari jumlah *corrective maintenance* yang tinggi, pada tahun 2015 sebesar 88.09% dari total perawatan yang dilakukan. Tentunya tingginya *corrective maintenance* ini akan menyebabkan *downtime* yang tinggi, biaya *maintenance* yang tinggi dan meningkatkan resiko turunnya kehandalan mesin.

Tingginya frekuensi kerusakan dan *downtime* menunjukkan perlunya kegiatan *maintenance* yang lebih efektif terhadap mesin dengan frekuensi kerusakan tertinggi, sehingga dipilihlah mesin Cincinnati Milacron sebagai objek penelitian. Oleh karena itu, perlu dilakukan *improvement* terhadap kegiatan *maintenance* yang ada dengan mempertimbangkan resiko kegagalan, biaya perawatan, dan karakteristik equipment berbasis metode RCM serta metode *Risk Matrix* untuk mengetahui sistem kritis pada mesin Cincinnati Milacron.

Risk Matrix adalah matriks yang digunakan selama *Risk Assessment* untuk menentukan berbagai tingkat risiko dari beberapa kategori probabilitas bahaya dan dampak yang ditimbulkan dari risiko tersebut. *Risk Matrix* adalah sebuah mekanisme sederhana untuk meningkatkan visibilitas risiko dan membantu pengambilan keputusan manajemen.

Reliability Centered Maintenance (RCM) didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap item fisik atau suatu system dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunaanya *Reliability centered maintenance* (RCM) adalah pendekatan yang efektif untuk pengembangan program-program PM (*Preventive maintenance*) dalam usaha untuk meminimalkan kegagalan peralatan dan menyediakan plant di industri dengan alat-alat yang efektif dan kapasitas optimal untuk memenuhi permintaan pelanggan dan unggul dalam persaingan. Selain itu dampak dengan penerapan RCM yaitu terjadi peningkatan keandalan dan penurunan total biaya perawatan untuk semua *equipment* sistem kritis. Dalam hal ini interval perawatan untuk seluruh *equipment* kritis dapat dijadikan kebijakan perawatan yang optimal. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah deskripsi plant PT DI, kebijakan *maintenance existing*, data waktu kerusakan, data waktu perbaikan, data *downtime*, asset register, data *engineer cost*, data material *cost*, data harga *equipment*, dan data *loss revenue*.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Risk Matrix

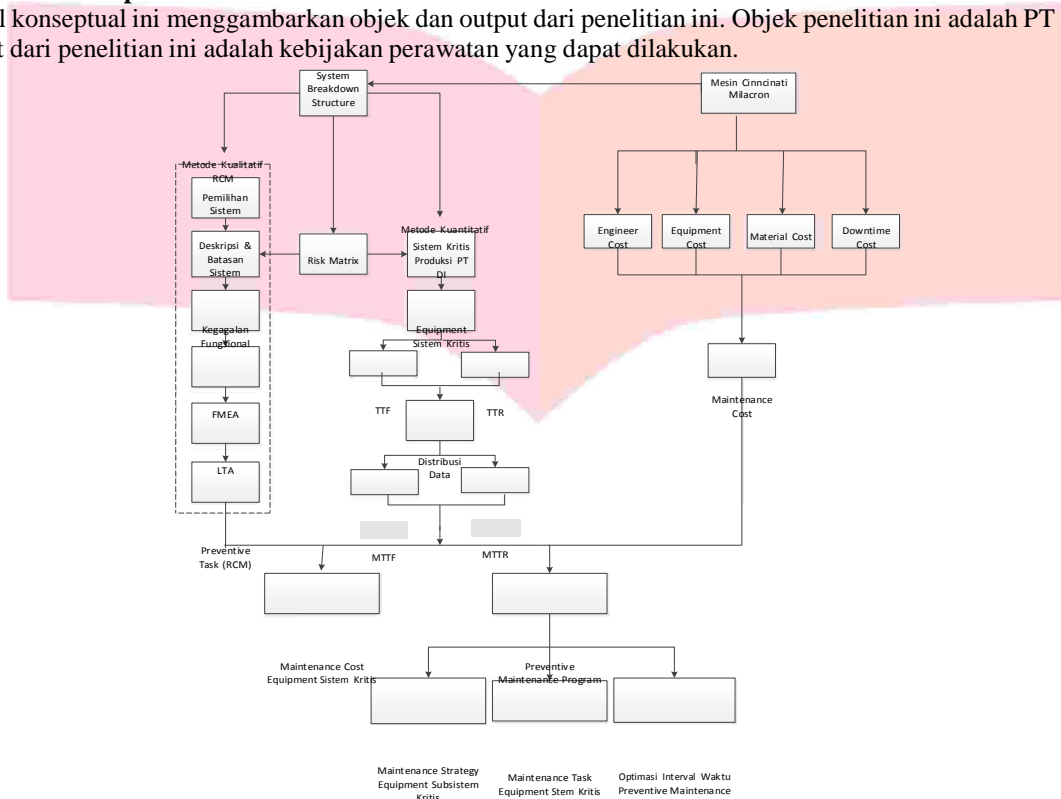
Risk Matrix adalah matriks yang digunakan selama *risk assessment* untuk menentukan berbagai tingkat risiko dari beberapa kategori probabilitas bahaya dan dampak yang ditimbulkan dari risiko tersebut. *Risk Matrix* adalah sebuah mekanisme sederhana untuk meningkatkan visibilitas risiko dan membantu pengambilan keputusan manajemen.

2.1.2 Reliability centered maintenance

Reliability centered maintenance (RCM) adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap aset fisik dapat terus melakukan apa yang diinginkan oleh penggunanya dalam konteks operasionalnya (Moubray, 1997).

2.1 Model Konseptual

Model konseptual ini menggambarkan objek dan output dari penelitian ini. Objek penelitian ini adalah PT DI dan output dari penelitian ini adalah kebijakan perawatan yang dapat dilakukan.



Gambar 1 Model Konseptual

3. Pembahasan

3.1 Risk Matrix

PT. DI terdiri dari 11 sistem, yaitu:

- Air Pressure
- Axis
- CNC Unit
- Cooling Unit
- Electrical Panel & Control
- Filter & Fan
- Hydraulic Unit
- Inverter Unit
- Machine Unit
- Pneumatic Unit
- Spindle Unit

Untuk mengetahui mana yang termasuk sistem kritis digunakan *risk matrix* sebagai metode untuk menentukan *system* kritis di PT. DI dengan mempertimbangkan konsekuensi kerusakan yang dtimbulkan dan frekuensi terjadinya kerusakan equipment tersebut. Berikut ini adalah hasil perhitungan dari *risk matrix* :

Tabel 1. Risk Assesment Sistem di PT DI

NO	SISTEM NAME	RISK CATEGORY
1	Air Pressure	Low
2	Axis	High
3	CNC Unit	Low
4	Cooling Unit	Medium
5	Electrical Panel & Control	Low

Tabel 1. Risk Assesment Sistem di PT DI (lanjutan)

NO	SISTEM NAME	RISK CATEGORY
6	Filter & Fan	Low
7	Hydrolic Unit	Low
8	Inverter Unit	Low
9	Machine Unit	Medium
10	Pneumatic Unit	Low
11	Servo Axis & Spindel	Medium

Total risk pada Tabel 1 menjelaskan hasil *risk assessment* yang diberikan pada setiap sistem dan bisa diklasifikasikan tingkat *criticality* dari sistem tersebut. Dikatakan *critical system* dalam penelitian ini yang merupakan sistem yang risk assessmentnya masuk kategori *high*, dan *extreme*. Maka yang disebut *critical system* adalah *Axis*. *Axis* memiliki 5 *Axis Type* yaitu *Axis A*, *B*, *X*, *Y*, *Z* yang akan dianalisis dengan menggunakan RCM

3.2 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Mode kerusakan merupakan suatu keadaan yang dapat menyebabkan kerusakan fungsional. Dalam suatu mesin bisa terdapat puluhan mode kerusakan. Mode kerusakan tersebut tidak hanya mencakup kerusakan-kerusakan yang sudah terjadi, akan tetapi mencakup juga semua kerusakan yang mungkin terjadi. Apabila mode kerusakan telah diketahui maka memungkinkan untuk mengetahui dampak kerusakan yang menggambarkan apa yang akan terjadi ketika mode kerusakan tersebut terjadi, untuk selanjutnya digunakan untuk menentukan konsekuensi dan memutuskan apa yang akan dilakukan untuk mengantisipasi, mencegah, mendeteksi atau memperbaiki. Tabel 2 berisi analisis FMEA untuk semua equipment kritis :

Tabel 2. FMEA Equipment Kritis

NO	Axis Type	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect
1	Axis A	Sebagai poros penggerak, dilakukan oleh motor untuk mengatur gerakan mesin sesuai perintah program sehingga memutar dan membuat sudut yang sejajar dengan Y dengan memotong X.	Proses pergerakan axis tidak sesuai dengan	Encoder axis error	Output yang dihasilkan sistem tidak sesuai
			Axis tidak bisa bergerak seperti fungsi awalnya akibat (motor axis off)	Coil rotor dan stator bermasalah (overheat), Beban Motor Overbad	Axis Motor Damage
			Alarm timbul ketika sistem Axis diberi perintah	Temperatur motor yang melebihi standard	Axis Motor Damage
			Axis Servo tidak berfungsi	Transistor modul atau master card bermasalah	Kerja servo axis tidak optimal
			Putaran poros gear tidak sempurna	Gear box kurang lubricant Lilitan solenoid rusak atau terbakar	Gear box menjadi cepat panas Putaran axis kasar
			Bantalan poros Axis aus sehingga bearing	Bearing worn out	Bearing Damage
			Ball Screw tidak berfungsi	meningkat.	Machine Damage
			2	Axis B	Sebagai poros penggerak, dilakukan oleh motor untuk mengatur gerakan mesin sesuai perintah program sehingga memutar dan membuat sudut yang sejajar dengan X dengan memotong Y.
Axis tidak bisa bergerak seperti fungsi awalnya akibat (motor axis off)	Coil rotor dan stator bermasalah (overheat), Beban Motor Overbad	Axis Motor Damage			
Alarm timbul ketika sistem Axis diberi perintah	Temperatur motor yang melebihi standard	Axis Motor Damage			
Axis Servo tidak berfungsi	Transistor modul atau master card bermasalah	Kerja servo axis tidak optimal			
Putaran poros gear tidak sempurna	Gear box kurang lubricant Lilitan solenoid rusak atau terbakar	Gear box menjadi cepat panas Putaran axis kasar			
Bantalan poros Axis aus sehingga bearing	Bearing worn out	Bearing Damage			
Ball Screw tidak berfungsi	meningkat.	Machine Damage			
3	Axis X	Sebagai poros penggerak, dilakukan oleh motor untuk mengatur gerakan mesin sesuai perintah program sehingga mesin bergerak longitudinal.			
			Axis tidak bisa bergerak seperti fungsi awalnya akibat (motor axis off)	Coil rotor dan stator bermasalah (overheat), kotor	Axis Motor Damage
			Alarm timbul ketika sistem Axis diberi perintah	Temperatur motor yang melebihi standard	Axis Motor Damage
			Axis Servo tidak berfungsi	Transistor modul atau master card bermasalah	Kerja servo axis tidak optimal
			Putaran poros gear tidak sempurna	Gear box kurang lubricant Lilitan solenoid rusak atau terbakar	Gear box menjadi cepat panas Putaran axis kasar
			Bantalan poros Axis aus sehingga bearing	Bearing worn out	Bearing Damage
			Ball Screw tidak berfungsi	Sistem Mekanik berhenti mendadak, kuat arus meningkat.	Machine Damage
			Servo spindle tidak bisa memutar spindle	Reset servo spindle tidak aktif	Poros spindle untuk axis X tidak berfungsi
4	Axis Y	Sebagai poros penggerak, dilakukan oleh motor untuk mengatur gerakan mesin sesuai perintah program sehingga mesin bergerak transversal (memotong Axis X).	Proses pergerakan axis tidak sesuai dengan setting mesin	Encoder axis error	Output yang dihasilkan sistem tidak sesuai spesifikasi
			Axis tidak bisa bergerak seperti fungsi awalnya akibat (motor axis off)	Coil rotor dan stator bermasalah (overheat), kotor	Axis Motor Damage
			Alarm timbul ketika sistem Axis diberi perintah	Temperatur motor yang melebihi standard	Axis Motor Damage
			Axis Servo tidak berfungsi	Transistor modul atau master card bermasalah	Kerja servo axis tidak optimal
			Putaran poros gear tidak sempurna	Gear box kurang lubricant Lilitan solenoid rusak atau terbakar	Gear box menjadi cepat panas Putaran axis kasar
			Bantalan poros Axis aus sehingga bearing	Bearing worn out	Bearing Damage
			Ball Screw tidak berfungsi	Sistem Mekanik berhenti mendadak, kuat arus meningkat.	Machine Damage
			Servo spindle tidak bisa memutar spindle	Reset servo spindle tidak aktif	Poros spindle untuk axis Y tidak berfungsi
		Proses pergerakan axis tidak sesuai dengan	Encoder axis error	Output yang dihasilkan sistem tidak sesuai	

Tabel 2. FMEA Equipment Kritis

NO	Axis Type	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect
5	Axis Z	Sebagai poros penggerak, dilakukan oleh motor untuk mengatur gerakan mesin sesuai perintah program sehingga mesin bergerak Vertikal (Naik Turun).	Proses pergerakan axis tidak sesuai dengan setting mesin	Encoder axis error	Output yang dihasilkan sistem tidak sesuai spesifikasi
			Axis tidak bisa bergerak seperti fungsi awalnya akibat (motor axis off)	Coil rotor dan stator bermasalah (overheat), kotor	Axis Motor Damage
			Alarm timbul ketika sistem Axis diberi perintah	Temperatur motor yang melebihi standard (overheat)	Axis Motor Damage
			Axis Servo tidak berfungsi	Transistor modul atau master card bermasalah (error)	Kerja servo axis tidak optimal
			Putaran poros gear tidak sempurna	Gear box kurang lubricant	Gear box menjadi cepat panas
			Bantalan poros Axis aus sehingga bearing menjadi overheat	Lilitan solenoid rusak atau terbakar	Putaran axis kasar
			Ball Screw tidak berfungsi	Bearing worn out	Bearing Damage
			Counter Balance rusak	Sistem Mekanik berhenti mendadak, kuat arus meningkat.	Machine Damage
			Servo spindle tidak bisa memutarakan spindle	Gerakan tidak smooth, ada hentakan	Hidrolic System Overload
			Reset servo spindle tidak aktif	Poros spindle untuk axis Z tidak berfungsi	

3.3 RCM Decision Worksheet

RCM *decision worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure modes*. Hasil dari RCM *Decision Worksheet* ialah duapuluh sembilan kegiatan *scheduled on condition* dan tujuh belas kegiatan *scheduled restoration*.

3.4 Kebijakan Perawatan Usulan Beserta Intervalnya

Setelah dianalisis dengan RCM *Decision Worksheet*, langkah selanjutnya adalah menentukan kebijakan perawatan yang berdasarkan tingkat keandalan equipment, karakteristik kerusakan dari equipment tersebut, dan mode kerusakan yang sering dialami equipment tersebut. Kebijakan perawatan usulan disini juga disertai dengan interval dari masing-masing task Perhitungan interval waktu pelaksanaan *preventive maintenance* untuk *on condition* dilakukan berdasarkan pertimbangan P-F (*Potential Failure to Function Failure*) Interval dari tiap-tiap *equipment*, tindakan *on condition* harus dilakukan dengan interval yang kurang dari P-F Interval. P-F Interval menentukan seberapa sering tindakan *on condition* harus dilakukan, dalam hal ini P-F Interval merupakan nilai MTTF. Selanjutnya penentuan interval waktu pelaksanaan *on condition* ditentukan berdasarkan $\frac{1}{2}$ nilai P-F

2

Interval seperti yang bisa dilihat pada Tabel 3 :

Tabel 3. Kebijakan Perawatan Usulan & Intervalnya

Axis Type	Equipment	Eksisting		Usulan Hasil RCM	
		Task	Interval	Task	Interval
A AXIS	Encoder Axis	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	581
	Stator Magnetic	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	581
	Motor Axis DC	<i>On-Condition</i>	2160	<i>Restoration</i>	172
	Motor Axis DC	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	581
	Servo Amplifier	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	581
	Bearing gearbox	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	178
	Solenoid Valve	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	581
	Bearing Slide Way	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	174
	Ball Screw	<i>On-Condition</i>	168	<i>Restoration</i>	176
B AXIS	Encoder Axis	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	705
	Stator Magnetic	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	705
	Motor Axis DC	<i>On-Condition</i>	2160	<i>Restoration</i>	461
	Motor Axis DC	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	705
	Servo Amplifier	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	705
	Bearing gearbox	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	473
	Solenoid Valve	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	705
	Bearing Slide Way	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	465
	Ball Screw	<i>On-Condition</i>	168	<i>Restoration</i>	467

Tabel 3. Kebijakan Perawatan Usulan & Intervalnya (lanjutan)

Axis Type	Equipment	Eksisting		Usulan Hasil RCM	
		Task	Interval	Task	Interval
X AXIS	Encoder Axis	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	896
	Stator Magnetic	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	896
	Motor Axis DC	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	896
	Servo Amplifier	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	896
	Bearing gearbox	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	311
	Solenoid Valve	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	896
	Bearing Slide Way	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	308
	Ball Screw	<i>On-Condition</i>	168	<i>Restoration</i>	309
	Guide Way	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	896
Y AXIS	Encoder Axis	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	2574
	Stator Magnetic	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	2574
	Motor Axis DC	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	2574
	Servo Amplifier	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	2574
	Bearing gearbox	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	126
	Solenoid Valve	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	2574
	Bearing Slide Way	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	125
	Ball Screw	<i>On-Condition</i>	168	<i>Restoration</i>	125
	Guide Way	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	2574
Z AXIS	Encoder Axis	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	4891
	Stator Magnetic	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	4891
	Motor Axis DC	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	4891
	Servo Amplifier	<i>On-Condition</i>	2000	<i>On-Condition</i>	4891
	Bearing gearbox	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	256
	Solenoid Valve	<i>Discard</i>	2000	<i>On-Condition</i>	4891
	Bearing Slide Way	<i>Discard</i>	168	<i>Restoration</i>	255
	Ball Screw	<i>On-Condition</i>	168	<i>Restoration</i>	255
	Counter Balance	<i>Discard</i>	4000	<i>On-Condition</i>	4891
Guide Way	<i>On-Condition</i>	4000	<i>On-Condition</i>	4891	

3.5 Perhitungan Total Biaya Perawatan Eksisting

Kegiatan perawatan existing Departement Maintenance PT. DI dibagi menjadi dua interval waktu, yakni 2000 jam dan 4000 jam. Tindakan perawatan tersebut berupa pemeriksaan, perbaikan maupun penggantian equipment.

Total biaya *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan [1] :

$$TC = CM \times fM$$

CM = biaya tenaga *preventive maintenance* + biaya downtime + biaya perbaikan

Frekuensi perbaikan

fM = lama waktu perhitungan biaya perbaikan / interval waktu perawatan

Sehingga total biaya *preventive maintenance* eksisting Rp 2.056.351.200,00

3.6 Perhitungan Total Biaya Perawatan Usulan

Kegiatan perawatan Usulan Departement Maintenance PT. DI dibagi menjadi dua task yaitu scheduled on condition task dan scheduled restoration task. Total biaya *preventive maintenance* dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$TC = CM \times fM$$

CM = biaya tenaga *preventive maintenance* + biaya *downtime* + biaya perbaikan
 Frekuensi perbaikan

fM = lama waktu perhitungan biaya perbaikan / interval waktu perawatan

Sehingga total biaya *preventive maintenance* usulan Rp 1,736,200,800.00

4. Kesimpulan

1. Dalam menentukan *Risk Matrix* yang sesuai di PT. DI dilakukan wawancara kepada Pak Mulyakno selaku Supervisor Departemen *Maintenance* untuk mengetahui konsekuensi dan frekuensi kegagalan untuk masing-masing subsistem sebelum kemudian di assessment menggunakan *Risk Matrix*. Konsekuensi dari berbagai aspek yang tertera pada *Risk Matrix* merupakan hasil wawancara dan menyesuaikan dengan kondisi real di PT. DI. *Risk Matrix* digunakan untuk menentukan sistem kritis untuk diteliti lebih lanjut dengan Metode RCM. Dari hasil risk assesment dapat dilihat bahwa sistem Axis merupakan sistem kritis karena termasuk dalam kategori *criticality high*. Dalam penelitian ini yang disebut sistem kritis adalah sistem yang memiliki nilai risk assesment yang termasuk kategori *high* dan *extreme*.
2. Metode *Reliability-Centred Maintenance* (RCM) digunakan untuk menentukan kegiatan *preventive maintenance* yang sesuai untuk Sistem Kritis di PT. DI Berdasarkan analisis RCM, didapatkan kebijakan perawatan sebagai berikut.
3. *Scheduled Restoration Task*
Equipment yang termasuk pada *scheduled restoration task* adalah *equipment* Motor Axis DC, Bearing Gearbox, Bearing Slideway, dan Ball Screw. *Equipment* tersebut adalah *equipment* yang sering melakukan kontak langsung dengan produk. Untuk menyikapi hal tersebut, dipilihlah *scheduled restoration task* sebagai tindakan perawatan yang tepat.
 - *Scheduled On-condition Task*
Equipment yang termasuk pada *scheduled on-condition task* adalah *equipment* Encoder Axis, Stator Magnetic, Motor Axis DC, Servo Amplifier, Solenoid Valve, dan Counter Balance. Seluruh *equipment* ini menunjukkan sign atau kondisi tertentu ketika akan mengalami kegagalan.
 Untuk interval waktu lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 3
4. Total biaya perawatan existing dan usulan di PT DI dalam kurun waktu 1 tahun adalah sebagai berikut: Biaya *maintenance* existing yaitu sebesar Rp 2,056,351,200.00 sedangkan biaya *maintenance* usulan Rp 1,736,200,800.00. Dengan mengimplementasikan kegiatan perawatan usulan, perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar Rp 320,150,400.00.

Daftar Pustaka

- Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Moubray, John. 1991. *Reliability centered maintenance II*. Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd.
- Havard, T.J., 2000. *Determination of a Cost Optimal, Predetermined Maintenance Schedule*.
- Kececioglu, Dimitri. 1992. *Reliability Engineering Handbook, Volume 1*. New Jersey: Prentice Hall.