

Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada Perencanaan Interval *Preventive Maintenance* dan Estimasi Biaya Pemeliharaan Menggunakan Analisis FMECA (Studi Kasus : PT. XYZ)

Wirda Hamro Afiva¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Drs. Judi Alhilman³

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

Jl. Telekomunikasi No.01 Terusan Buah Batu, Bandung 40257

Email: ¹ wirdahamroa@gmail.com, ²franstatas@telkomuniversity.ac.id ³ judi.alhilman@gmail.com

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi *spare part* dan aksesoris otomotif khususnya sepeda motor. Permasalahan yang dihadapi perusahaan yaitu sering terjadinya kerusakan pada mesin CNC Milling A dengan jumlah kerusakan 32 kali selama tahun 2017 hingga 2018. Perusahaan menerapkan kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* namun kegiatan *maintenance* ini tidak berjalan dengan optimal. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan sistem pemeliharaan untuk meningkatkan keandalan mesin. Metode yang digunakan yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan tujuan menentukan interval waktu pemeliharaan dan estimasi biaya pemeliharaan yang efisien. RCM dilakukan dengan menganalisis kegagalan dengan analisis FMECA. Hasil dari analisis ini berupa nilai RPN komponen *bearing rel*, *bearing spindle* dan selang sebagai komponen kritis pada sistem. Kemudian ditentukan kebijakan *maintenance* dengan hasil 2 *scheduled on-condition task*, 2 *scheduled restoration* dan 2 *scheduled discard task* dengan interval waktu *maintenance* sesuai dengan kategori *task*. Melalui metode RCM, PT.XYZ dapat menghemat biaya pemeliharaan sebesar Rp. 51.800.331

Kata kunci: *Maintenance, Failure Mode Effect and Critical Analysis, Reliability Centered Maintenance, Maintenance task, Maintenance cost*

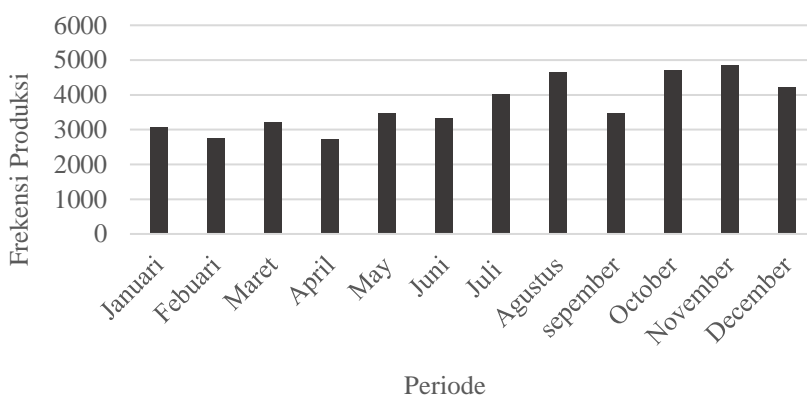
Abstract

PT. XYZ is a company engaged in the production of automotive spare parts and accessories especially motorcycles. The problems faced by the company are the frequent damage to CNC Milling A machines with 32 times the amount of damage during 2017 to 2018. The company implements preventive maintenance and corrective maintenance activities but these maintenance activities do not run optimally. Therefore, a maintenance system is developed to improve machine reliability. The method used is Reliability Centered Maintenance (RCM) with the aim of determining the interval maintenance time and estimation of maintenance costs. RCM is done by analysing failure with FMECA. The results of this analysis is RPN values that show rail bearings, spindle bearings and hoses as critical components of the system. Then maintenance policies are determined with results; 2 scheduled on-condition, 2 scheduled restoration and 2 scheduled discard tasks with maintenance time intervals according to the task category. Through the RCM method, PT. XYZ can save Rp. 51.800.331

Keywords: *Maintenance, Failure Mode Effect and Critical Analysis, Reliability Centered Maintenance, Maintenance task, Maintenance cost*

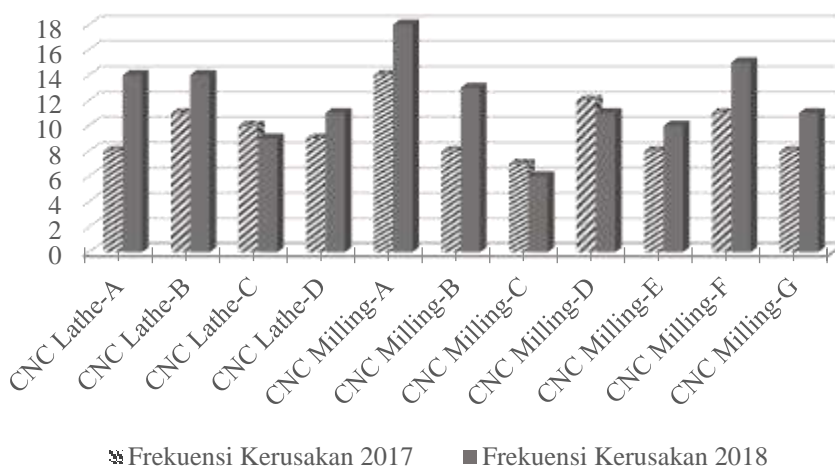
PENDAHULUAN

Sektor industri otomotif semakin mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, terutama pada industri kendaraan bermotor. Di Indonesia, industri kendaraan bermotor menjadi salah satu industri yang berkembang sangat baik. Menurut riset yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), 80% dari total kendaraan bermesin di Indonesia merupakan sepeda motor. Dengan meningkatnya pengguna sepeda motor, maka diiringi pula dengan permintaan terhadap suku cadang atau *spare part* sepeda motor. Salah satu perusahaan yang memproduksi spare part kendaraan bermotor yaitu PT. XYZ. PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi spare part dan aksesoris otomotif khususnya sepeda motor. Produk yang dihasilkan antara lain: *manual cover crankcase, racing muffler, apparel, footsteps, clutch, block kopling, paddock stand, racing muffler* dan knalpot.



Gambar 1. Data Produksi Knalpot PT. SND Tahun 2018 (Sumber; PT. SND,2019)

Dalam menunjang proses produksi, perusahaan memiliki 11 mesin CNC (*Computer Numerical Number*) yang terdiri dari 4 CNC *Lathe* (2 axis) dan 7 CNC *Milling* (3 axis). Dimana seluruh mesin digunakan aktif selama 18 jam dalam sehari.



Gambar 2. Jumlah Kerusakan Mesin PT. XYZ Tahun 2017-2018

Gambar 1 memperlihatkan jumlah produksi untuk produk knalpot pada tahun 2018. Sedangkan Gambar 2 memperlihatkan jumlah kerusakan masing-masing mesin pada tahun 2017 hingga 2018. Dari data terlihat bahwa mesin CNC Milling A memiliki jumlah kerusakan terbanyak yaitu 32 kali kerusakan dalam 2 tahun. Maka dari itu dibutuhkan upaya menjaga fungsi mesin melalui kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) (J.Alhilman, F.Atmaji, 2017).

Tujuan utama dari pemeliharaan yaitu untuk menjaga keandalan mesin (*reliability*) agar mesin selalu berfungsi sebagaimana mestinya. Sistem pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan yaitu menggunakan metode *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Namun dalam pelaksanaannya masih belum terlaksana dengan baik sehingga hasil pemeliharaan masih belum optimal. Sistem pemeliharaan yang dilakukan juga kurang memperhatikan faktor keandalan dari mesin produksi, sehingga ketika terjadi kerusakan pihak perusahaan hanya mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan keandalannya.

(Levitt, 2008) mengatakan bahwa buruknya penjadwalan pemeliharaan menjadi faktor yang mengakibatkan sering terjadinya pemborosan biaya pada proses. Salah satu metode untuk mengidentifikasi kerusakan mesin serta memperhitungkan interval waktu pemeliharaan yaitu menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) (Tatas, Atmaji, Noviyanti, & Juliani, 2017). Dalam manajemen pemeliharaan, RCM digunakan untuk menentukan strategi biaya pemeliharaan yang efektif berdasarkan keandalan komponen dalam sebuah sistem (Ebeling, 1997).

Reliability Centered Maintenance adalah sebuah proses dimana waktu dan upaya yang dilakukan jika suatu sistem tidak berjalan normal dan otomasi untuk menentukan strategi pemeliharaan menggunakan data keandalan (Gabbar, Yamashita, Suzuki, & Shimada, 2003). Penelitian ini menggunakan analisis *Failure Modes Effect and Criticality Analysis* (FMECA) dalam menentukan mode kegagalan yang terjadi pada sistem. FMECA bertujuan untuk mengambil tindakan guna menghilangkan atau mengurangi kegagalan, berdasarkan prioritas tertinggi yang dilakukan sesuai dengan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Output yang didapatkan dari perhitungan RCM adalah mengetahui komponen dalam mesin yang termasuk ke dalam komponen kritis dengan interval waktu pemeliharaan peralatan sesuai dengan fungsi (*task*) masing-masing. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu berapa interval waktu pemeliharaan optimal pada komponen kritis mesin CNC Milling A dan berapakah total biaya usulan pada komponen kritis. Sehingga, penelitian ini dilakukan dengan melakukan perhitungan interval *preventive maintenance* dengan metode RCM serta menghitung biaya pemeliharaan yang efisien guna mendapatkan keandalan sistem dan memperoleh strategi pemeliharaan yang optimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemeliharaan (*Maintenance*)

Kata pemeliharaan diambil dari Bahasa Yunani yaitu *terein* yang artinya menjaga, memelihara, dan merawat. *Maintenance* berasal dari kata “*to maintain*” yang memiliki arti “merawat”, dan memiliki padanan kata “*to repair*” yang berarti memperbaiki. Menurut (Dwi Atmaji, Noviyanti, & Juliani, 2017) pemeliharaan didefinisikan sebagai kegiatan untuk mengembalikan fungsi sebuah mesin agar dapat bekerja sesuai standar. Tujuan dari pemeliharaan yaitu untuk meningkatkan *realibility*, *maintainability*, dan *availability* guna mendapatkan hasil operasi produksi yang optimum (Atmaji & Alhilman, 2018).

Sehingga pemeliharaan merupakan sebuah proses untuk merawat, memperbaiki, serta menjaga sebuah aset (bangunan, mesin, peralatan) melalui proses mendesain, mengatur, dan memeriksa waktu kerja (*uptimes*) suatu item, dan untuk meminimasi

pemberhentian kerja (*downtimes*) yang disebabkan oleh kerusakan agar dapat mencapai kondisi sebagaimana fungsinya.

Failure Modes and Criticality Analysis

FMECA didefinisikan sebagai suatu teknik untuk mengevaluasi ataupun mendesain keandalan dari komponen pada suatu sistem dengan cara meneliti potensi modus kegagalannya untuk menentukan dampak yang ditimbulkan, baik dari keberhasilan sistem tersebut ataupun keselamatan pengguna dan peralatan, sehingga dapat diketahui kemungkinan kondisi paling kritis pada komponen-komponen tersebut (Manual, 2006). FMECA dilakukan untuk mengambil tindakan guna menghilangkan atau mengurangi kegagalan, berdasarkan prioritas tertinggi yang dilakukan sesuai dengan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN).

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \tag{1}$$

Penentuan nilai dari *severity*, *occurrence*, dan *detection* sesuai dengan Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Tabel 4 merupakan pengkategorian *risk* dengan menggunakan *criticality analysis* (Yssaad & Abene, 2015).

Tabel 1. Tingkatan *Severity*

<i>Duration of service interruption</i>	<i>Criterion of severity</i>	<i>Value</i>
<i>Severity (S)</i>		
>8 h	<i>Very catastrophic</i>	8
7 h	<i>Catastrophic</i>	7
6 h	<i>Very serious</i>	6
5 h	<i>Serious</i>	5
4 h	<i>Medium</i>	4
3 h	<i>Significant</i>	3
2 h	<i>Minor</i>	2
1 h	<i>Very Minor</i>	1
30 min	<i>Small</i>	0,6
<30 min	<i>Very small</i>	0,2

Tabel 2. Tingkatan *Occurrence*

<i>Possible rate of occurrence</i>	<i>Criterion of occurrence</i>	<i>Value</i>
<i>Occurrence (O)</i>		
<i>Once every 12 years</i>	<i>Failure near zero or no</i>	1
<i>Once every 10 years</i>	<i>Very low, failure isolation</i>	2
<i>Once every 8 years</i>	<i>Low, often fail</i>	3
<i>Once every 6 years</i>		4
<i>Once every 4 years</i>	<i>Average, occasional failure</i>	5
<i>Once every 2 years</i>		6
<i>Once every year</i>		7
<i>Once every 6 months</i>	<i>High, frequent failure</i>	8
<i>Once every month</i>		9
<i>Once every week</i>	<i>Very high, viry high failure</i>	10

Tabel 3. Tingkatan *Detection*

<i>Level of detectability</i>	<i>Criterion of detectability</i>	<i>Value</i>
<i>Detectability (D)</i>		
<i>Not detectable</i>	<i>Impossible</i>	10
<i>Difficult to detect</i>	<i>Very difficult</i>	9
	<i>Very late</i>	8
<i>Detecting random (Unlikely)</i>	<i>Not sure</i>	7
	<i>Occasional</i>	6
<i>Possible detection</i>	<i>Low</i>	5
	<i>Late</i>	4
<i>Reliable detection</i>	<i>Easy</i>	3
	<i>Immediate</i>	2
<i>Detection at all times</i>	<i>Immediate corrective action</i>	1

Tabel 4. Kategori *Criticality Analysis*

<i>Criticality (C)</i>		<i>Risk or Hasard</i>
<i>Degree of criticality</i>	<i>Value</i>	
<i>Minor</i>	0-30	<i>Acceptable</i>
<i>Medium</i>	31-60	<i>Tolerable</i>
<i>High</i>	61-180	
<i>Very High</i>	181-252	<i>Unacceptable</i>
<i>Critical</i>	253-324	
<i>Very critical</i>	>324	

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Pada tahun 1970 hingga sekarang, RCM menjadi tantangan utama di berbagai bidang industri, dikarenakan terdapat beberapa perubahan pola pada *preventive maintenance* dari mengembalikan sistem secara “sempurna” menjadi melakukan pemeliharaan sehingga sistem dapat berfungsi dengan baik (Carretero et al., 2003). RCM merupakan *technology-oriented approach* yang bertujuan untuk mengidentifikasi persyaratan pemeliharaan dan menentukan jenis kebijakan pemeliharaan yang cocok bagi sebuah sistem atau peralatan berdasarkan tingkat keandalan dan konsekuensinya terhadap kegagalan pada sebuah operasi (Bae et al., 2009). Adapun tujuan dari RCM diantaranya adalah:

1. Untuk mengembangkan prioritas hubungan desain yang dapat mempersiapkan *preventive maintenance* untuk *sub-assembly*.
2. Untuk mendapatkan informasi yang berguna dalam pengembangan desain dari item terutama yang berhubungan dengan konsumen, berdasarkan *reliability*.
3. Untuk mengembangkan *preventive maintenance related task* yang dapat menerima *reliability* lagi dan tingkat keamanan berdasarkan pada *system deterioration*.

Preventive Maintenance

Kegiatan *preventive task* terbagi menjadi tiga kategori (Moubray, 1997) yaitu :

1. *Scheduled On-Condition Task*
Scheduled on-condition task dilakukan untuk mendeteksi kegagalan potensial sebagai kondisi fisik yang teridentifikasi dan dapat mengindikasikan akan munculnya suatu kegagalan fungsional.

2. *Scheduled Restoration Task*

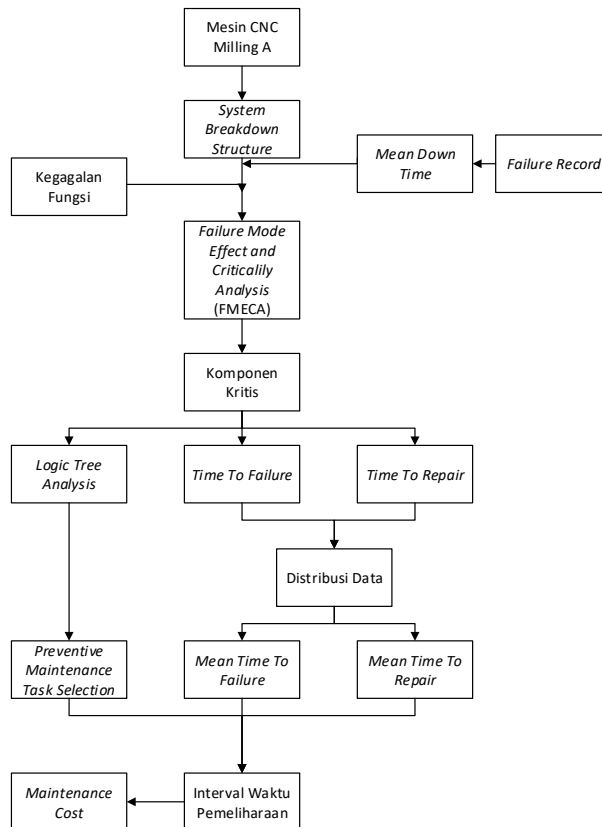
Scheduled restoration task merupakan upaya pemulihan secara periodik dengan tujuan mengembalikan sistem ke kondisi semula. Tindakan ini dilakukan jika *on-condition task* tidak memungkinkan untuk dilakukan.

3. *Scheduled Discard Task*

Scheduled discard task merupakan kegiatan *maintenance* yang paling tidak *cost-effective* diantara ketiga *preventive task*. Hal ini dikarenakan *scheduled discard task* mengharuskan untuk mengganti komponen sebelum batas usia sistem tanpa memperhatikan kondisinya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan sesuai dengan alur pada Gambar 3. Penelitian berawal dari objek yaitu mesin CNC Milling A. kemudian melakukan *system breakdown structure* sebagai proses identifikasi bagian mesin.



Gambar 3. Langkah-Langkah Penelitian

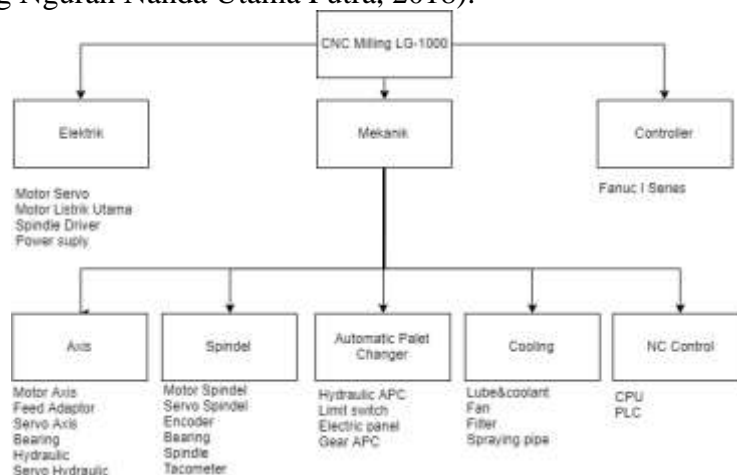
Selanjutnya melakukan identifikasi kerusakan pada komponen mesin, penyebab, serta efek yang ditimbulkan dari kerusakan tersebut melalui analisis FMECA. Sehingga didapatkan output berupa nilai RPN dan kategori kerusakan untuk tiap komponen dan dilakukan pemilihan komponen kritis sesuai dengan kategori kerusakan yang telah ditentukan. Setelah terpilih komponen kritis pada mesin CNC Milling A, selanjutnya untuk mengetahui kebijakan pemeliharaan yang efektif dilakukan pengolahan data. Setelah mendapatkan hasil perhitungan untuk MTTF dan MTTR. Tahap pengolahan data selanjutnya yaitu melakukan pendefinisian sistem berupa *Logic Tree Analysis (LTA)* untuk memperoleh *preventive maintenance task*. Pada metode RCM, *preventive maintenance task selection*, MTTR, MTTF digunakan sebagai input dalam penentuan *interval preventive task* dimana

selanjutnya akan dilakukan perhitungan *maintenance cost*. Sehingga penelitian ini akan mendapatkan dua output yaitu berupa interval waktu pemeliharaan dan *maintenance cost* usulan bagi perusahaan sesuai dengan *preventive task* yang dilakukan serta komponen kritis pada sistem mesin CNC Milling A.

HASIL DAN PEMBAHASAN

System Breakdown Structure Mesin CNC Milling A

System breakdown structure (SBS) didefinisikan sebagai suatu alat untuk mendokumentasikan, menganalisis, dan mempermudah proses identifikasi bagian dari mesin pada level sistem, subsistem, hingga komponen secara terstruktur dan rinci (Tatas Dwi Atmaji & Agung Ngurah Nanda Utama Putra, 2018).



Gambar 4. System Breakdown Structure CNC Milling A

Pengumpulan Data

Dalam menunjang penelitian, maka dibutuhkan beberapa data untuk menganalisis masalah yang dihadapi. Data diperoleh melalui studi literatur dan studi lapangan. Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi frekuensi kerusakan komponen pada mesin CNC Milling A selama tahun 2017-2018.

Tabel 5. Frekuensi Kerusakan Komponen CNC Milling A Tahun 2017-2018

Komponen	Frekuensi kerusakan	Persentase kerusakan
<i>Bearing Rel</i>	9	28%
<i>Bearing spindle</i>	7	22%
<i>Electric panel</i>	1	3%
Filter udara	2	3%
Selang	7	6%
<i>Drawbar Spindle</i>	1	22%
<i>Servo Hydraulic</i>	1	3%
<i>Spindle nose</i>	3	9%
<i>Z-axis feed adaptor</i>	1	3%
Total	32	100%

Penentuan Distribusi dan Nilai Mean Down Time

Pada tahap ini, dilakukan penentuan parameter yang sesuai dengan distribusi untuk setiap komponen yang mengalami kegagalan. Penentuan distribusi menggunakan uji Anderson-Darling, berikut merupakan output dari distribusi MDT pada Tabel 6.

Tabel 6. Mean Down Time

Komponen	Distribusi	Parameter	MDT
Bearing Rel	Normal	μ	167,7
		σ	40,85
Bearing Spindle	Normal	μ	142,7
		σ	42,02
Drawbar Spindle	Eksponensial	λ	2
Electric Panel	Eksponensial	λ	1,75
Filter Udara	Normal	μ	2
		σ	0,6016
Selang	Normal	μ	87,3
		σ	16,63
Servo Hydraulic	Eksponensial	λ	50
Spindle Nose	Normal	μ	1,637
		σ	0,4711
Z-axis adaptor	Eksponensial	λ	2,47

Analisis Failure Modes Effect and Criticality Analysis (FMECA)

Tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis kegagalan sistem dengan menggunakan FMECA. Adapun hasil FMECA Worksheet terlihat pada tabel 7. Melalui FMECA Worksheet didapatkan bearing rel, bearing spindle, dan selang sebagai komponen kritis pada sistem CNC Milling A.

Tabel 7. FMECA Worksheet

Failure Modes Effects Analysis					Criticality Analysis		
No	Equipment	Function	Functional Failure	RPN	Criticality	Risk Category	Maintenance plan
1	Bearing rel	Sebagai tenaga untuk menggerakkan rel kearah sumbu -x dan +x dengan kecepatan tertentu	Bearing macet	256	Critical	Unacceptable	CM: pembersihan area sekitar bearing
			Bearing pecah				CM: penggantian bearing
			Bearing aus				PM: pemberian pelumas
2	Z-axis feed adaptor	Menggerakkan sumbu axis searah sumbu Z dengan kecepatan RPM yg ditentukan	Z axis feed adaptor off	90	High	Tolarable	Skematik preventive maintenance

3	<i>Servo Hydraulic</i>	Sumber tenaga penggerak <i>hydraulic</i>	<i>Hydraulic</i> tidak berfungsi	144	<i>High</i>	<i>Tolarable</i>	Pemberian pelumas dan pengecekan secara terjadwal dan rutin
4	<i>Drawbar Spindle</i>	Pengikat arbor agar arbor pada spindle dapat bergerak dengan baik	<i>Drawbar</i> macet	60	<i>Medium</i>	<i>Tolarable</i>	Pemberian pelumas, pengencangan pada drawbar
5	<i>Bearing spindle</i>	Tenaga penggerak poros <i>spindle</i> untuk proses milling dengan kecepatan RPM tertentu	<i>Bearing spindle</i> aus	192	<i>Critical</i>	<i>Unacceptable</i>	CM pemberian pelumas Perlunya pemeliharaan berkala dengan skema <i>preventive maintenance</i>
6	<i>Spindle nose</i>	Tempat peletakkan <i>tool/cutter</i> pada pengoperasian mesin	<i>Spindle nose</i> macet atau off	64	<i>High</i>	<i>Tolarable</i>	CM; dengan pemberian pelumas pada <i>spindle nose</i>
7	<i>Electric panel</i>	Mendistribusikan sumber daya ke sub panel distribusinya	Sumber daya tidak terdistribusi ke panel lainnya	84	<i>High</i>	<i>Tolarable</i>	<i>Correective action</i>
8	Filter udara	Menyaring udara dari luar yang masuk ke mesin	Filter kotor sehingga tidak berfungsi	56	<i>Medium</i>	<i>Tolarable</i>	Pembersihan berkala
9	Selang	Penyalur <i>coolant</i> pada benda kerja Memompa <i>coolant</i> dan memberikan besaran tekanan yang dibutuhkan	Gagal untuk mengalirkan <i>coolant</i> ke meja kerja Laju aliran <i>coolant</i> melambat	192	<i>Critical</i>	<i>Unacceptable</i>	Pergantian komponen selang Pengecekan berkala, serta pembersihan pada <i>coolant tank</i> agar tidak ada chip yang menyumbat

Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

Sebelum menghitung MTTF dan MTTR, maka terlebih dahulu melakukan pengujian distribusi terhadap waktu *failure* (TTF) dan waktu *repair* (TTR) masing-masing komponen kritis. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan software MiniTab 17. Kemudian ditentukan parameter masing-masing distribusi dengan menggunakan software Avsim+ 9.0. Hasil dari MTTF dan MTTR dapat dilihat pada Tabel 8. Jika komponen kritis berdistribusi normal atau eksponensial, maka μ merupakan MTTF atau MTTR komponen tersebut. Namun jika komponen berdistribusi weibull maka perlu mengikuti persamaan sebagai berikut (Ebeling, 1997):

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \tag{2}$$

Tabel 8. Nilai MTTF dan MTTR

Komponen	MTTF(Jam)	MTTR(Jam)
<i>Bearing Rel</i>	175,7	167,4
<i>Bearing Spindle</i>	337,0	142,2
Selang	406,6	87,1

RCM Decision Worksheet

RCM *decision worksheet* digunakan untuk mencari jenis kegiatan pemeliharaan (*maintenance task*) yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure modes* pada komponen kritis mesin CNC Milling A. Hasil dari RCM *decision worksheet* berupa 2 kegiatan *scheduled on condition*, 2 kegiatan *scheduled restoration* dan 2 kegiatan *scheduled discard task* pada ketiga komponen mesin.

Penentuan Maintenance Task dan Perhitungan Interval Preventive Maintenance

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan RCM *decision worksheet*, langkah selanjutnya adalah menentukan kebijakan pemeliharaan berdasarkan karakteristik dan mode kegagalan pada komponen tersebut. Tabel 9 mencantumkan kebijakan pemeliharaan yang diusulkan untuk setiap komponen kritis beserta dengan intervalnya. Perhitungan interval waktu pemeliharaan pada *scheduled on-condition* task dilakukan dengan menghitung $\frac{1}{2}$ dari P-F Interval masing-masing komponen tersebut (Moubray, 1997). P-F Interval yang digunakan merupakan data MTTF dari tiap komponen kritis.

Sedangkan untuk *scheduled restoration* dan *scheduled discard task* dihitung dengan perhitungan biaya perbaikan atau pergantian kerusakan komponen. Rumus yang digunakan sebagai berikut;

$$Cf = Cr + MTTR (Co + Cw) \tag{3}$$

Dimana Cf merupakan biaya pergantian karena kerusakan komponen setiap siklus pemeliharaan, Cr yaitu biaya pergantian kerusakan komponen, Co yaitu biaya kerugian produksi (*loss of revenue*) dan Cw sebagai biaya tenaga kerja. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai Cm dengan menjumlahkan biaya *downtime* + biaya tenaga kerja + biaya perbaikan.

Jika nilai Cm dan Cf telah diketahui, maka dapat melakukan perhitungan interval *preventive maintenance* dengan rumus pada persamaan 4.

$$TM = \eta \times \left(\frac{Cm}{Cr(\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}} \tag{4}$$

Tabel 9 menunjukkan hasil perhitungan *interval preventive maintenance* untuk setiap kerusakan pada komponen kritis.

Tabel 9. Maintenance Task dan Interval Preventive Maintenance

Information Reference		Proposed Maintenance	Interval Maintenance Time (Jam)	
Komponen	FM			
Bearing Rel	1	Masuknya cairan coolant pada bearing	<i>Do the scheduled restoration task.</i> Lakukan pembersihan pada sekitar table dan rel	135,89
	2	Bearing overheat	<i>Do the scheduled discard task.</i> Lakukan pergantian komponen bearing	135,89
	3	Keausan pada bearing	<i>Do the scheduled on-condition task.</i> Lakukan greasing pada bearing	87,85
Bearing Spindle	1	Keausan pada bearing spindle	<i>Do the scheduled on-condition task.</i> Lakukan greasing pada bearing	168,5
Selang	1	Selang bocor	<i>Do the scheduled discard task.</i> Lakukan pergantian komponen selang	257,93
	1	Selang macet	<i>Do the scheduled restoration task.</i> Lakukan pembersihan pada selang dan coolant tank	257,93

Perhitungan Biaya Pemeliharaan Komponen Kritis

Perhitungan biaya pemeliharaan bergantung pada waktu perbaikan pemeliharaan, harga peralatan, biaya *engineer*, biaya penggunaan material untuk kegiatan pemeliharaan, dan *loss revenue*. Biaya pemeliharaan didapat melalui rumus;

$$Tc = (Cm + Cr) \times Fm \tag{5}$$

Dimana *Cm* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan, didapat dari penjumlahan biaya *downtime*, biaya tenaga kerja dan biaya *preventive maintenance*. *Cr* merupakan biaya komponen yang terdapat pada *scheduled restoration task*. Dan *Fm* merupakan frekuensi pelaksanaan *preventive maintenance*.

Melalui hasil perhitungan, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance* actual dari perusahaan yaitu sebesar Rp. 145.040.928 sedangkan untuk kegiatan *preventive maintenance* usulan yang dilakukan sesuai dengan *task* yang telah ditentukan didapatkan nilai sebesar Rp. 93.240.596.

PENUTUP

Metode RCM digunakan untuk menentukan interval beserta *task maintenance* yang sesuai untuk menjaga performansi sistem berdasarkan keandalan. Berdasarkan pengukuran dengan menggunakan metode RCM, didapatkan kebijakan *preventive maintenance* yaitu sebanyak 2 *scheduled on-condition*, 2 *scheduled restoration*, dan 2 *scheduled discard task*. Dengan interval pemeliharaan yang berbeda sesuai dengan jenis kegagalan yang terjadi. Interval waktu pemeliharaan untuk komponen *bearing rel* yaitu 0,24 bulan sekali untuk *scheduled on-condition task* dan 0,38 bulan sekali untuk *scheduled restoration* dan *schedule discard task*. Sedangkan untuk komponen *bearing spindle* selama 0,47 bulan sekali untuk *schedule on-condition task*. Dan untuk komponen selang selama 0,72 bulan sekali untuk *schedule restoration* dan *schedule discard task*. Selain itu, didapatkan pula hasil biaya pemeliharaan aktual pada mesin CNC Milling A yaitu sebesar Rp. 145.040.928 sedangkan biaya perawatan usulan sebesar Rp. 93.240.596. Sehingga, dengan menggunakan metode RCM perusahaan dapat menghemat biaya pemeliharaan senilai Rp. 51.800.331.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2018). A framework of wireless maintenance system monitoring: A case study of an automatic filling machine at SB company. *2018 6th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2018*. <https://doi.org/10.1109/ICoICT.2018.8528722>
- Bae, C., Koo, T., Son, Y., Park, K., Jung, J., Han, S., & Suh, M. (2009). A study on reliability centered maintenance planning of a standard electric motor unit subsystem using computational techniques. *Journal of Mechanical Science and Technology*, *23*(4), 1157–1168. <https://doi.org/10.1007/s12206-009-0305-8>
- Carretero, J., Pérez, J. M., García-Carballeira, F., Calderón, A., Fernández, J., García, J. D., ... Prete, P. (2003). Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks. *Reliability Engineering & System Safety*, *82*(3), 257–273. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(03\)00167-4](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(03)00167-4)
- Dwi Atmaji, F. T., Noviyanti, A. A., & Juliani, W. (2017). Implementation of Maintenance Scenario for Critical Subsystem In Aircraft Engine: Case Study NTP CT7 Engine. *International Journal of Innovation in Enterprise System*. <https://doi.org/10.25124/ijies.v1i01.85>
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Retrieved from https://books.google.co.id/books/about/An_Introduction_to_Reliability_and_Maint.html?id=23BRAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Gabbar, H. A., Yamashita, H., Suzuki, K., & Shimada, Y. (2003). Computer-aided RCM-based plant maintenance management system. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(03\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(03)00031-0)
- J.Alhilman, F.Atmaji, N. A. (2017). Software Application for Maintenance System. *2017 Fifth International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, 0(RCM II).
- Levitt, J. (2008). Lean Maintenance. In *Maintenance Management*. Retrieved from <https://www.amazon.com/Joel-Levitt-Maintenance-2008-08-15-Hardcover/dp/B00IH6YXES>
- Manual, T. (2006). Failure Modes , Effects and Criticality Analysis (Fmeca) for Command , Control , Communications , Computer , Intelligence , Surveillance , Facilities. *Technical Manual*. <https://doi.org/TM 5-698-4>
- Moubray, J. (1997). Reliability-centred maintenance. In *Fuel and Energy Abstracts*. <https://doi.org/10.1109/TR.1987.5222285>
- Tatas Dwi Atmaji, F., & Agung Ngurah Nanda Utama Putra, A. (2018). Kebijakan Persediaan Suku Cadang Di PT ABC Menggunakan Metode RCS (Reliability Centered Spares) Spare Part Inventory Policy at ABC Company Using RCS (Reliability Centered Spare) method. *Jurnal Manajemen Industri Dan Logistik*, *2*(1), 84–94. Retrieved from

<http://jurnal.poltekapp.ac.id/index.php/JMIL/article/view/106>

Tatas, F., Atmaji, D., Noviyanti, A. A., & Juliani, W. (2017). *IMPLEMENTATION OF MAINTENANCE SCENARIO FOR Case study : NTP CT7 engine*. 1(02), 52–60. Retrieved from <https://ijies.sie.telkomuniversity.ac.id/index.php/IJIES/article/view/85/18>

Yssaad, B., & Abene, A. (2015). Rational Reliability Centered Maintenance Optimization for power distribution systems. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 73, 350–360. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.05.015>