

ANALISIS PERAWATAN MESIN BUBUT CY-L1640G DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. POLYMINDO PERMATA

Agus Syahabuddin

Dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Industri Universitas Pamulang

Dosen01863@unpam.ac.id

ABSTRAK

Persaingan industri yang semakin ketat menuntut setiap perusahaan terus memperbaiki aktivitas operasional lebih optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tindakan perawatan optimal dan menentukan interval waktu perawatan pada Mesin Bubut CY-L1640G pada departemen Maintenance di PT. Polymindo Permata, dimana masih banyak kegiatan perawatan korektif disebabkan kerusakan mesin. Agar tujuan tercapai penulis melakukan analisis secara detail menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dengan aplikasi awal mengetahui fungsi serta kerusakan yang dapat terjadi pada suatu sistem, mulai dari sub-sistem sampai pada level komponen. Tabel FMEA untuk penentuan komponen kritis, analisa *Intermediate Decision Tree* (IDT) untuk mengetahui dampak kegagalan baik langsung maupun tidak langsung, kemudian analisis *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk menentukan tugas perawatan yang optimal. Hasil yang didapat adalah pemecahan masalah dimana perusahaan harus melakukan interval perawatan pada komponen *Electric System* dalam rentang interval 255.07 jam atau 32 hari kerja. Untuk mengetahui tingkat kerusakan komponen dengan melakukan tindakan *Condition Monitoring*, untuk mengatasi kegagalan yang tidak dapat diprediksi dengan melakukan tindakan *Corrective Maintenance* dan untuk mengatasi kegagalan yang dipengaruhi usia komponen dengan melakukan tindakan penggantian yang terjadwal.

Kata Kunci: Maintenance, RCM, FMEA, IDT, LTA.

I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu pendukung kelancaran aktivitas operasional adalah kondisi mesin harus selalu siap digunakan, maka diperlukan sistem perawatan yang baik. Pada dasarnya ada dua kegiatan pokok perawatan yaitu preventif dan korektif. Perawatan preventif mesin bubut di PT. Polymindo Permata masih belum optimal, dibuktikan dengan masih banyak perawatan korektif oleh departemen Maintenance.

Data historis perbaikan 4 unit mesin bubut CY-L1640G diambil selama 2 tahun terakhir yaitu mulai dari Januari 2017 sampai dengan Desember 2018, yang meliputi data perawatan korektif dan data perawatan preventif. Berikut grafik *downtime* perawatan mesin bubut CY-L1640G di PT. Polymindo Permata ditunjukkan pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 *Downtime* Kerusakan Mesin

No	Mesin	Downtime	% Downtime	% Downtime Kumulatif
1	No. 3	15.92	32.43	32.43
2	No. 1	14.06	24.18	56.61
3	No. 2	10.48	36.72	93.33
4	No. 4	2.89	6.67	100.00
Total		27.43	100%	

(Sumber PT. Polymindo Permata, 2019)

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tindakan perawatan yang optimal dan menentukan interval waktu perawatan pada Mesin Bubut CY-L1640G dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

B. Perumusan Masalah

Berdasar pada masalah penelitian yaitu tentang perencanaan perawatan, selanjutnya dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan tindakan perawatan yang optimal pada Mesin Bubut CY-L1640G di PT. Polymindo Permata memakai pendekatan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)?
2. Bagaimana menentukan interval waktu perawatan memakai pendekatan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada Mesin Bubut CY-L1640G di PT. Polymindo Permata?

C. Pembatasan Masalah

Agar penelitian tidak melebar dan menyimpang dari tujuan awal, maka penulis memberikan beberapa batasan, antara lain:

1. Aspek instalasi dan biaya kegiatan perawatan tidak menjadi parameter dalam pembahasan.
2. Penelitian dilakukan terhadap mesin bubut CY-L1640G dalam lingkup Departemen Maintenance.
3. Data historis yang diambil adalah mulai dari Januari 2017 sampai Desember 2018.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan tindakan perawatan optimal pada Mesin Bubut CY-L1640G di PT. Polymindo Permata memakai pendekatan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
2. Menentukan interval waktu perawatan memakai pendekatan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada Mesin Bubut CY-L1640G di PT. Polymindo Permata.

II DASAR TEORI

A. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Menurut Kurniawan (2013) *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metode perawatan dengan memanfaatkan informasi terkait dengan keandalan fasilitas untuk mendapatkan strategi perawatan fasilitas yang efektif dan efisien serta mudah dilakukan.

Menurut Pranoto (2015) *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metode yang digunakan untuk penentuan kebutuhan perawatan atas aset fisik dalam konteks operasinya.

Menurut Siswanti (2017) RCM adalah teknik untuk mengembangkan program *preventive maintenance*. Hal tersebut didasarkan pada asumsi bahwa keandalan yang

melekat pada peralatan adalah fungsi dari desain dan pembangunan kualitas.

Menurut Smith (1993) dalam Aufar et al. (2014) Metode RCM bertujuan untuk mengoptimalkan *preventive maintenance* dengan prinsip:

1. Mempertahankan fungsi sistem.
2. Mengidentifikasi moda kegagalan.
3. Memprioritaskan kebutuhan fungsi melalui mode kegagalan.
4. Memilih tindakan *preventive maintenance* yang efektif dan dapat diterapkan.

B. Langkah Implementasi RCM

Menurut Kurniawan (2013) secara umum ada beberapa langkah implementasi RCM, antara lain:

1. Pembuatan Hirarki Fungsi dari Sistem Peralatan dengan mengidentifikasi sistem dan sub sistem secara fungsional.
2. Analisa Kegagalan Fungsi yaitu kegiatan deskripsi tiap sistem sub sistem, komponen serta identifikasi semua fungsi dan *interface* dengan sistem atau sub sistem yang lain dan identifikasi semua kegagalan fungsional.
3. Penentuan *Significant Item* dengan indeks kekritisian.
4. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk analisis kegagalan dengan fokus pada analisis kualitatif dan identifikasi dampak moda kegagalan dan cara deteksi moda kegagalan tersebut.

Rumus dalam perhitungan FMEA yaitu:

$$RPN = S \times O \times D \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- S = Severity
- O = Occurance
- D = Detection

Nilai RPN menunjukkan keseriusan potensial *failure*, semakin tinggi RPN menunjukkan semakin bermasalah.

5. *Intermediate Decision Tree* (IDT)
Menurut Sandtrove (1990) dalam Kurniawan (2013), IDT adalah analisis untuk mengetahui kegagalan yang tampak atau tersembunyi, kedalam 4 kategori tersebut antara lain:
 - a. Kategori A (berpengaruh terhadap keselamatan).
 - b. Kategori B (berpengaruh terhadap produksi).
 - c. Kategori C (berpengaruh terhadap non-produksi).

d. Kategori D (mode kegagalan yang tersembunyi).

Apabila jawaban pertanyaan mengarahkan moda kegagalan pada kategori D, maka analisis dilanjutkan kembali apakah item tersebut masuk dalam kategori D/A, D/B atau D/C.

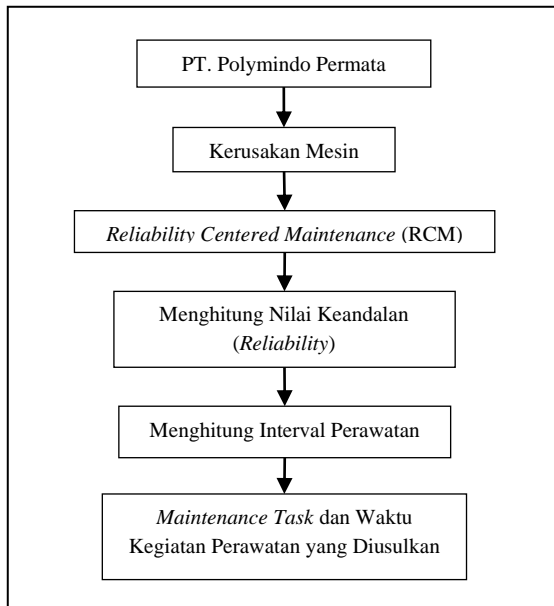
6. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Tujuan LTA adalah mengklasifikasikan *failure mode* kedalam beberapa kategori agar dapat dipilih antara tugas perawatan yang *applicable* dan *effective*. Pemilihan tugas perawatan tersebut menurut Sandtrove (1990) dalam Kurniawan (2013) antara lain:

- a. Pengujian / Inspeksi berkala.
- b. Evaluasi hubungan *equipment* dengan resiko.
- c. *Scheduled rework*.
- d. Penggantian terjadwal.
- e. *Condition monitoring*.
- f. Pengawasan oleh operator atau pengontrolan sistem.
- g. Operasikan sampai mengalami kegagalan.

C. Kerangka Fikir

Berdasarkan tinjauan landasan teori dapat disusun kerangka fikir dalam penelitian ini, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



(Sumber Pengolahan Data, 2019)

Gambar 2.1 Kerangka Fikir Penelitian

III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian menggunakan metode deskriptif analitis yaitu pengumpulan, pengolahan dan penyajian data sesuai fakta dan analisis ilmiah yang hasilnya digunakan untuk pengambilan keputusan dalam rangka pemecahan masalah pada kerusakan mesin bubut.

B. Sumber Data

Sumber data didapatkan dari internal perusahaan, berupa data primer dan sekunder dari internal perusahaan meliputi:

- 1. Data Primer.
 - a. Data umum perusahaan.
 - b. Data perawatan korektif.
 - c. Data perawatan preventif.
 - d. Data jam kerja efektif mesin.
- 2. Data Sekunder.
 - a. Studi kepustakaan mengenai manajemen perawatan
 - b. Disiplin ilmu pengetahuan lain yang mendukung dan berhubungan dengan topik penelitian.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan antara lain:

- 1. Teknik observasi.
- 2. Teknik wawancara.
- 3. Teknik studi literatur.
- 4. Teknik dokumentasi.

D. Metode Analisa Data

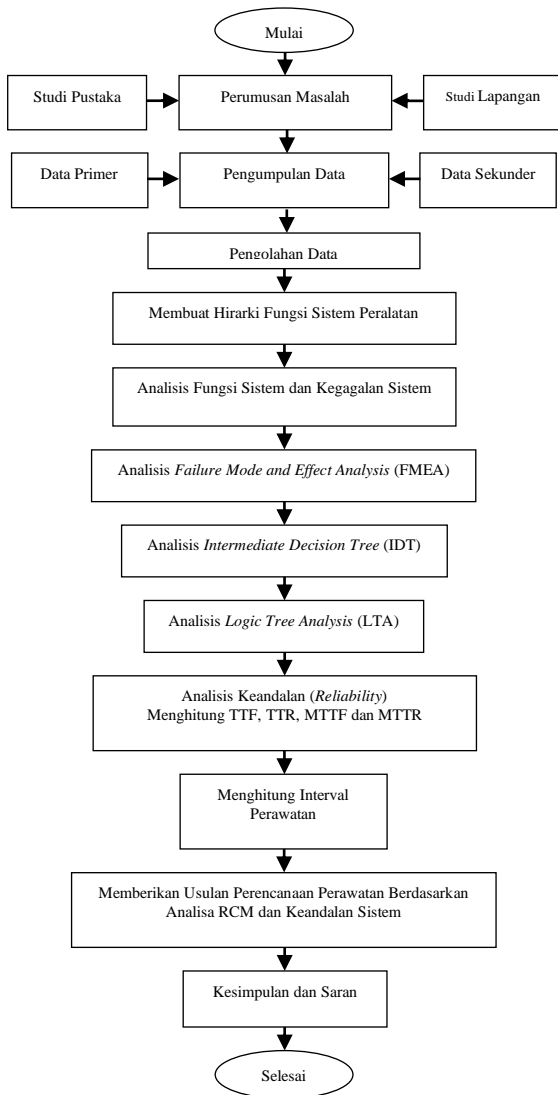
Setelah semua data diperlukan terkumpul, kemudian dilakukan analisis sebagai berikut:

- 1. Melakukan langkah-langkah implementasi *Reliability Centered Maintenance (RCM)* terhadap mesin, antara lain:
 - a. Membuat hirarki fungsi sistem peralatan.
 - b. Melakukan analisis kegagalan fungsi.
 - c. Menentukan item yang *significant*.
 - d. Membuat analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*
 - e. Membuat analisis *Intermediate Decision Tree (IDT)*
 - f. Membuat analisis *Logic Tree Analysis (LTA)*
- 2. Menghitung tingkat keandalan (*reliability*) berdasar pada kemampuan perawatan (*maintainability*) dan ketersediaan (*availability*) mesin.
- 3. Analisis perbandingan antara metode kebijaksanaan perusahaan dengan metode hasil pengolahan data sehingga menghasilkan jadwal perawatan mesin.

4. Menentukan strategi perencanaan perawatan optimal pada mesin.
5. Membuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.
6. Memberikan usulan atau saran kepada perusahaan untuk melakukan perbaikan pada departemen *Maintenance*.

E. Flow Chart

Flow Chart ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



(Sumber Analisa Penulis, 2019)

Gambar 3.1. Flowchart Metodologi Penelitian

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hirarki Fungsi Sistem

Penentuan hirarki fungsi pada mesin bubut CY-L1640G dengan mengelompokkan tiap fungsi sistem dan sub sistem sampai level komponen sehingga secara logika akan terkait dalam sistem hirarki. Penentuan hirarki sistem ditunjukkan oleh **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Hirarki Fungsi Sistem

Sistem	Sub-Sistem	Komponen
Mesin Bubut Konvensional	Kepala Tetap	Shaft + Bushing
		V-Belt + Pulley
		Gearbox
		Oil Gearbox
		Electric System (Electric Panel)
		Bearing
		Bolt and Nut
	Safety	
	Kepala Lepas	Shaft + Bushing
		Bolt and Nut
		Safety
		Gear
		Bearing
	Alas Mesin	Pressure
		Oil Circulating
		Hydrolic / Air Hose
		Bolt and Nut
		Safety
	Eretan	Taper
		Shaft + Bushing
		Gear
		Electric System (Control Panel)
		Bearing
		Gibs, Bolt and Nut
	Safety	
	Tool Post	Safety
		Bolt and Nut
		Insert / Pahat Bubut (External Component)
	Poros Pembawa	Shaft + Bushing
		Gear
		Bearing
		Bolt and Nut
	Poros Transportir	Shaft (Thread) + Bushing
Gear		
Bearing		
Bolt and Nut		
Tuas		
Cekam/Chuck	Gear	
	Shaft + Bushing	
	Safety	
	Bolt and Nut	
	Shaft + Bushing	
Bearing	Shaft + Bushing	
	Bearing	
	Shoe, Bolt and Nut	
	Safety	

(Sumber Pengolahan Data, 2019)

B. Analisa Sistem

Berdasarkan teori Sandtrove (1990) dalam Kurniawan (2013). Analisa sistem meliputi analisis fungsi sistem dan kegagalan sistem untuk mengetahui fungsi komponen beserta kegagalan yang dapat terjadi, analisis IDT untuk mengetahui kegagalan termasuk yang nampak atau tersembunyi, dan untuk menentukan tugas perawatan dilakukan Analisa LTA.

Tabel 4.2 Analisa Sistem

Komponen Sistem	Fungsi Sistem	Kegagalan Sistem	IDT		LTA	
			Dampak Kegagalan (Nampak / Tersembunyi)	Pemilihan Maintenance Task Kategori	Keterangan	
Chuck	Untuk menjepit benda kerja	Shoe tidak center	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	F	Pengawasan Oleh Operator	
		Shoe macet				
Taper	Untuk pembubutan tirus	Tidak dapat di-lock	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	F	Pengawasan Oleh Operator	
		Gibs longgar				
Pressure	Memberi tekanan pada Air Pressure dan Hydraulic Pressure	Tidak ada tekanan	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	E	Condition Monitoring	
		Tekanan lemah				
Shaft + Bushing	Shaft berfungsi sebagai poros, bushing berfungsi sebagai bantalan shaft	Shaft goyang	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	C	Scheduled Rework Servicing	
		Bushing aus				
		Bracket rusak				
Bearing	Mengurangi gesekan antara shaft dengan bagian mesin lainnya	Bearing aus	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	D	Penggantian Terjadwal	
V-Belt + Pulley	Berfungsi sebagai penyambung daya dari motor ke poros melalui pully mengikuti laju putaran pada gearbox	Belt pecah	Dampak tidak langsung, tersembunyi dan berpengaruh terhadap produksi	D	Penggantian Terjadwal	
		Belt kendur				
		Belt slip				
		Pully aus				
Bolt and Nut	Sambungan antar komponen	Bolt and Nut kendur	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	F	Pengawasan Oleh Operator	
Oil Circulating	Melumasi mesin dan benda kerja agar tidak panas	Hose mampet	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	F	Pengawasan Oleh Operator	
		Koneksi hose lepas				
Oil Gearbox	Pelumas pada gearbox	Kurang pelumasan pada part	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	F	Pengawasan Oleh Operator	
Electric System	Motor penggerak mesin	Kabel terkelupas	Dampak tidak langsung, tersembunyi dan berpengaruh terhadap keselamatan	E	Condition Monitoring	
		Relay rusak				
		Kontaktor rusak				
		Kabel putus				
		Kumparan stopper break				
Hydraulic / Air Hose	Memberi tekanan pada oli agar bergerak melumasi mesin	Pompa rusak	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	E	Condition Monitoring	
		Filter kotor				
Gear	Roda penggerak	Oli tidak mengalir	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	F	Pengawasan Oleh Operator	
Safety	Safety cover Safety tools Stopper Penampang oli	Stopper rusak	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap produksi	F	Pengawasan Oleh Operator	
		Thread aus				
		Penampang oli bocor				
Safety	Safety cover Safety tools Stopper Penampang oli	Gram mengenai operator	Dampak terasa langsung dan berpengaruh terhadap safety	F	Pengawasan Oleh Operator	

(Sumber Pengolahan Data, 2019)

C. Analisa FMEA

FMEA mengidentifikasi setiap moda kegagalan yang berpotensi menjadi penyebab kegagalan fungsi pada komponen sistem mesin bubut. Tabel perhitungan FMEA ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Tabel RPN FMEA

FMEA Worksheet										Sistem : Service and Manufacture Conexions									
Sub Sistem : Mesin Bubut Konvensional																			
Part	Function	Potencial Failure Mode	Potencial Effect of Failure	S	Potencial Cause Of Failure	O	Current Controls	D	RPN										
Chuck	Penjepit benda kerja	Shoe tidak center	Puteran benda kerja	2	Adjustment chuck	1	Kontrol center dengan alat ukur	1	2										
		Shoe macet	Benda kerja tidak dapat dijepit	2	Shoe kotor, pelumasan kering	1	Kontrol kebersihan dan pelumasan shoe	1	2										
Total RPN										4									
Taper	Untuk pembubutan tirus	Tidak dapat di-lock	Thread out of profile	3	Pengunci rusak	2	Kontrol tool/post	2	12										
		Gibs longgar	Thread out of profile	6	Getaran mesin	3	Kontrol komponen Gibs	1	9										
		Pahat patah	Thread out of profile	4	Pemakaian pahat	8	Kontrol pemakaian	1	32										
Total RPN										53									
Pressure	Memberi tekanan udara dan Hydraulic	Tidak ada tekanan	Tidak ada oli + udara	3	Hose putus	2	Kontrol pressure	1	6										
		Tekanan lemah	Pergerakan mesin berat	4	Hose bocor	2	Kontrol hose	2	16										
Total RPN										22									
Shaft	poros mesin	Shaft goyang	Putaran mesin	7	Usia komponen	1	Kontrol shaft	5	35										
		Brushing aus	Putaran mesin	5	Usia komponen	2	Kontrol brushing	6	60										
		Bracket rusak	Mesin tidak dapat disetel	3	Kelalaian pengoperasian mesin	2	Kontrol bracket	1	24										
Total RPN										119									
Bearing	Mengurangi gesekan mesin	Bearing aus	Putaran mesin	5	Usia komponen	3	Kontrol bearing	1	15										
Total RPN										15									
V-Belt	V-belt sebagai penyambung daya dari motor ke poros melalui pully	V-belt kendur	Putaran poros tidak maksimal	4	Setelan V-belt	1	Kontrol V-belt	1	4										
		V-belt pecah	V-belt putus	3	Panas, usia komponen	2	Kontrol V-belt	1	6										
		V-belt mengalami slip	Putaran poros tidak maksimal	3	Pully aus	1	Kontrol V-belt	1	3										
		Pully aus	Putaran poros tidak maksimal	3	Usia komponen	1	Kontrol Pully	1	3										
Total RPN										16									
Bolt and Nut	Sambungan antar part	Bolt and Nut kendur	Sambungan kendur/lepas	4	Getaran mesin	3	Kontrol baut	1	12										
Total RPN										12									
Oil Circulating	Melumasi mesin dan benda kerja agar tidak panas	Hose mampet	Aliran lemah	3	Filter kotor	2	Kontrol filter	2	12										
		Koneksi hose lepas	Tidak ada aliran	4	Over pressure	3	Kontrol koneksi	2	24										
Total RPN										36									
Oil Gearbox	Sebagai pelumas pada gearbox	Kurang pelumasan pada part	Gear cepat panas	3	Oli berkurang	3	Pengecekan oleh operator	2	18										
Total RPN										18									
Electric system	Motor penggerak mesin dan cretan	Kontaktor rusak	Mesin tidak dapat dihidupkan	6	Beban arus listrik	3	Kontrol kelistrikan berkala	4	72										
		Relay rusak	Mesin tidak dapat dihidupkan	5	Plat sudah lemah/putus	3	Kontrol kelistrikan berkala	2	30										
		Kabel terkelupas	Arus pendek	5	Usia kabel	1	Kontrol kelistrikan berkala	4	20										
		Kabel sambungan putus	Mesin tidak dapat dihidupkan	5	Arus listrik, usia kabel	2	Kontrol kelistrikan berkala	2	20										
		Kumparan stopper break	Tomboil break tidak berfungsi	6	Kabel putus	2	Kontrol kelistrikan berkala	3	54										
Total RPN										196									
Hydrolite/air Hose	Memberi tekanan pada oli agar bergerak melumasi mesin	Pompa rusak	Tidak ada Oli + udara	4	Kerusakan komponen pressure	1	Kontrol pompa	2	8										
		Filter kotor	Aliran lemah	2	Tidak dibersihkan	1	Kontrol filter	1	2										
Gear	Roda penggerak	Oli tidak mengalir	Pergerakan mesin berat	3	Oli kurang	1	Kontrol oli	3	9										
Total RPN										19									
Safety	Safety cover Safety tools Stopper Penampang oli	Stopper rusak	Keselamatan benda kerja	2	Benturan keras	1	Pengecekan oleh operator	1	2										
		Thread aus	Komponen tidak dapat di Lock	1	Usia komponen	1	Pengecekan oleh operator	1	1										
Safety	Penampang oli bocor	Penampang oli bocor	Area kerja kotor	3	Korosi	1	Pengecekan oleh operator	1	3										
		Gram mengenai operator	Keselamatan operator	2	Tidak safety	1	Pengecekan oleh operator	1	2										
Total RPN										8									

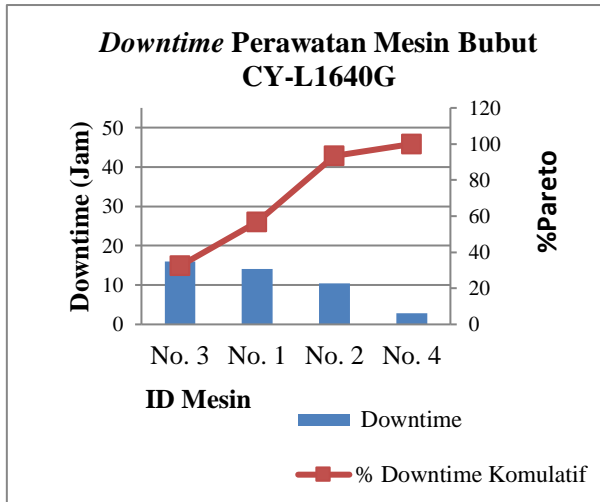
(Sumber Pengolahan Data, 2019)

Dari FMEA diidentifikasi nilai tertinggi pada komponen Electric System sebesar RPN 196, komponen Shaft dengan RPN 119 dan komponen Gear dengan RPN 72.

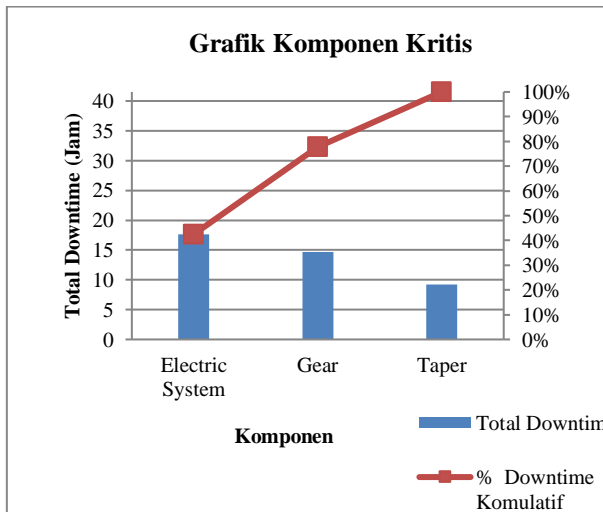
D. Analisa Keandalan (Reliability)

Analisa keandalan mesin bubut CY-L1640G diawali dengan menentukan mesin

kritis, kemudian dilanjutkan dengan mencari komponen kritis, dengan kriteria banyaknya *downtime* yang terjadi akibat kerusakan.



(Sumber PT. Polymindo Permata, 2019)
Gambar 4.1 Downtime Perawatan Mesin Bubut Konvensional



(Sumber Pengolahan Data, 2019)
Gambar 4.2 Diagram Pareto Downtime Mesin

Mesin No.3 dikategorikan sebagai mesin kritis dengan *downtime* terbesar dan dilihat dari persentase *downtime* komponen kritisnya adalah komponen *Electric System* (42,51%) komponen *Gear* (35,31%) dan komponen *Taper* (22,18%).

Mesin No.3 diketahui selama kurun waktu 2 tahun mengalami 2 jenis kerusakan komponen, yaitu komponen *electric system* dan komponen *gear*, kedua komponen tersebut merupakan komponen kritis, namun komponen *gear* tidak dapat dihitung karena frekuensi kerusakannya hanya 1 (kurang dari 5).

Selanjutnya perhitungan hanya dilakukan pada komponen electric system dengan frekuensi kerusakan 8.

Downtime atau *time to repair* (TTR) adalah lama waktu perbaikan agar mesin dapat beroperasi kembali, sedangkan *time to failure* (TTF) merupakan interval selang waktu kerusakan antara saat terjadi kerusakan awal yang telah diperbaiki hingga kerusakan

Nama Komponen	Distribusi			
	Eksponensial	Lognormal	Weibull	Normal
Electric System	0,995	0,995	1.000	0.974

kembali terjadi.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan TTF dan TTR Komponen *Electric System* Mesin No.3

No	Tanggal	Jam awal Kerusakan	Tanggal	Jam akhir Kerusakan	TTR (Jam)	Waktu Akhir Kerusakan - Waktu Akhir Rusak (jam)	Waktu Awal Kerusakan - Waktu Akhir Rusak (jam)	Hari Kerja	TTF (Jam)
1	11.01.17	16:10:	11.01.17	17:00	0.83	-	-	-	-
2	22.09.17	10:10	22.09.17	11:20	1.17	0	2:10	172	1378.17
3	17.11.17	9:40	17.11.17	10:25	0.75	4:40	1:40	41	333.83
4	14.04.18	10:54	14.04.18	11:58	1.06	4:35	2:54	104	839.48
5	16.07.18	15:26	17.07.18	16:38	9.20	4:02	6:26	67	546.46
6	08.08.18	11:01	08.08.18	11:50	0.82	0:22	3:01	19	155.38

(Sumber Pengolahan Data, 2019)

E. Validasi Pola Distribusi

Pola distribusi yang sering digunakan untuk analisis keandalan dan laju kerusakan yaitu:

1. Distribusi Eksponensial
2. Distribusi Lognormal
3. Distribusi Weibull
4. Distribusi Normal

Menurut Ramadhan M. A. Z. (2018) Identifikasi distribusi kerusakan melalui 2 tahap yaitu *Least Square Fitting Test* dan *Goodness of Fit Test*. *Least Square Fitting Test* untuk menghitung nilai *index of fit* (r).

Distribusi dengan nilai r terbesar dipilih untuk diuji dengan *Goodness of Fit Test*. Rumus umum yang terdapat dalam metode *Least Square Fitting Test* adalah:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (2)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2} \dots\dots\dots(3)$$

(Untuk distribusi Weibull, Normal dan Lognormal)

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n xi yi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2} \dots\dots\dots(4)$$

(Untuk distribusi Eksponensial)

$$a = \frac{\sum yi - b \cdot \sum xi}{n} \dots\dots\dots(5)$$

Hasil perhitungan TTF dan TTR dapat berdistribusi tergantung dari jenis kerusakan yang terjadi, pola distribusi untuk dilakukan pengujian adalah yang memiliki nilai *index of fit* (*r*) terbesar, untuk hasil perhitungan *Time To Failure* (TTF) ditunjukkan pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan *Index of Fit* TTF

(Sumber Pengolahan Data, 2019)

Index of fit terbesar adalah distribusi Weibull dengan nilai *r* = 1,000. Menurut Kurniawan (2013:57) Uji *Goodness of Fit* untuk distribusi Weibull menggunakan Uji Mann's *Test*, data benar berdistribusi Weibull jika *M* < *F*_{crit} (Tabel F), untuk Uji statistik distribusi Weibull sebagai berikut:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} [(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M_i]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} [(\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M_i]} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

$$k_1 = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor \dots\dots\dots(7)$$

$$k_2 = \left\lfloor \frac{r-1}{2} \right\rfloor \dots\dots\dots(8)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \dots\dots\dots(9)$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(\frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \dots\dots\dots(10)$$

Tabel 4.6 Mann's *Test* Distribusi Weibull

i	ti	ln (ti)	Zi	Mi	ln(ti+1) - ln (ti)	(ln(ti+1) - ln (ti))/Mi	M	Fcrit
1	155.38	5.05	-2.302	1.213	0.721	0.594	3.99	6.39
2	319.48	5.77	-1.089	0.653	0.044	0.067		
3	333.83	5.81	-0.436	0.530	1.161	2.191		
4	1066.28	6.97	0.094	0.572	0.257	0.449		
5	1378.17	7.23	0.666					
Σ	3253.1	30.82						
k1	2							
k2	2							

(Sumber Pengolahan Data, 2019)

Nilai *M* yang didapat lebih kecil dari *F*_{crit}. 3.99 < 6,39 maka data berdistribusi Weibull.

Perhitungan parameter bentuk (*β*) dan parameter skala (*θ*) distribusi Weibull adalah sebagai berikut:

$$\beta = b \dots\dots\dots(11)$$

$$\theta = e^{-a/b} \dots\dots\dots(12)$$

$$\beta = 1,11$$

$$\theta = 709,716 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan *Time To Repair* (TTR) ditunjukkan pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan *Index of Fit* TTR

Nama Komponen	Distribusi			
	Eksponensial	Lognormal	Weibull	Normal
<i>Electric System</i>	0,858	0,797	0,718	0,718

(Sumber Pengolahan Data, 2019)

Index of fit terbesar yaitu distribusi Eksponensial dengan nilai *r* = 0,858. Menurut Maulana et. al. (2017) Uji *Goodness of Fit* untuk Distribusi Eksponensial menggunakan Uji Barlett *Test*, data benar berdistribusi Eksponensial jika $X^2_{((1-\alpha/2), r-1)} < B < X^2_{(\alpha/2, r-1)}$, $\alpha/2, r-1$ dilihat pada tabel *chi square*, untuk Uji statistik distribusi Uji statistik distribusi Eksponensial adalah sebagai berikut:

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r ti - \left(\frac{1}{r} \right) \sum_{i=1}^r \ln ti \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \dots\dots\dots(19)$$

Dimana:

ti = Waktu kerusakan ke *i*.

r = Jumlah kerusakan.

B = Nilai uji statistik Barlett *Test*.

$$B = \frac{2 \times 6 \left[\ln \left(\frac{1}{6} \right) 12,71 - \left(\frac{1}{6} \right) 0,34 \right]}{1 + \frac{(6+1)}{6 \times 6}} = 6,97$$

$$X^2_{((1-\alpha/2), r-1)} = 0,83$$

$$X^2_{(\alpha/2, r-1)} = 12.83$$

Karena nilai perhitungan *B* lebih besar dari $X^2_{(1-\alpha/2), r-1}$ dan lebih kecil dari $X^2_{\alpha/2, r-1}$ maka data berdistribusi Eksponensial.

Perhitungan parameter *λ* pada distribusi Eksponensial adalah sebagai berikut:

$$\lambda = b \dots\dots\dots(20)$$

$$\lambda = 0.26 \text{ jam.}$$

F. Perhitungan MTTF dan MTTR

Menurut Kurniawan (2013:58) perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) pada komponen *electric system* sesuai dengan distribusi yang telah didapat menggunakan rumus sebagai berikut:

MTTF untuk distribusi Weibull:

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots\dots\dots(21)$$

Dimana:

Γ = Tabel fungsi Gamma

$$MTTF = e \left[\left(-\left(\frac{503}{709,716} \right)^{1,11} \right) \right] = 682,58 \text{ jam}$$

MTTR untuk distribusi Eksponensial:

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \dots \dots \dots (22)$$

$$MTTR = \frac{1}{0,26} = 3,84 \text{ jam}$$

Perhitungan keandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari sistem/alat untuk memenuhi fungsi yang diharapkan. Menurut Mulia (2017) rumus keandalan distribusi Weibull adalah:

$$R(t) = e \left(-\left(\frac{t}{\theta} \right)^\beta \right) \dots \dots \dots (23)$$

Dimana:

- e = 2,71828.
- t = Banyaknya hari kerja.
- β = Parameter bentuk.
- θ = Parameter skala.

Hasil perhitungan keandalan distribusi Weibull:

$$R(t) = e \left[\left(-\left(\frac{503}{709,716} \right)^{1,11} \right) \right] = 0,5066$$

Dari hasil perhitungan didapat *Reliability* komponen *Electric System* dengan $t = 503$ hari adalah 0,5066 atau sebesar 50,66%.

G. Perhitungan Interval Perawatan

Menurut Ramadhan M. A. Z. (2018) untuk menentukan interval waktu pemeriksaan komponen berdasarkan waktu produksi yang ada dilakukan tahap-tahap berikut:

1. Rata-Rata Jam Kerja Perbulan:
 Hari kerja selama 2 tahun = 525 hari
 Rata-rata hari kerja per bulan = 525 / 24 = 21,88 \approx 22 hari/bulan.
 Jam kerja setiap hari = 8 jam/hari.
 Rata-Rata Jam Kerja Per Bulan = 22 x 8 = 176 jam/bulan.
2. Jumlah Kerusakan
 Jumlah kerusakan selama penelitian
 Jumlah kerusakan selama 2 tahun = 6 kali
3. Waktu Rata-Rata Yang Dibutuhkan Untuk Perbaikan Perbaikan ($1/\mu$)

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata-rat jam kerja per bulan}} \dots \dots \dots (24)$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} \dots \dots \dots (25)$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{3,84}{176} = 0,021$$

$$\mu = \frac{1}{0,021} = 47,62$$

4. Waktu Rata-rata Melakukan Pemeriksaan ($1/i$)

Rata-rata 1 kali pemeriksaan = Σt_i / jumlah kerusakan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rat jam kerja per bulan}} \dots \dots \dots (26)$$

$$i = \frac{1}{1/i} \dots \dots \dots (27)$$

Rata-rata 1 kali pemeriksaan = 12.71 / 6 = 2,118 jam

$$\frac{1}{i} = \frac{2,118}{176} = 0,011$$

$$i = \frac{1}{0,011} = 90,90$$

5. Rata-Rata Kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{24 \text{ bulan}} \dots \dots \dots (28)$$

$$k = \frac{6}{24} = 0,25 \text{ kerusakan/bulan}$$

6. Frekuensi Pemeriksaan Optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} \dots \dots \dots (29)$$

$$n = \sqrt{\frac{0,25 \times 90,90}{47,46}} = 0,690 \text{ jam}$$

7. Interval Waktu Pemeriksaan

$$t_i = \frac{\text{rata-rata jam kerja per bulan}}{n} \dots \dots \dots (30)$$

$$t_i = \frac{176}{0,690} = 255,07 \text{ jam} = 32 \text{ hari}$$

8. Perhitungan Nilai Downtime

$$D(n) = \frac{k}{\mu \cdot n} + \frac{1}{i} \dots \dots \dots (31)$$

$$D(n) = \frac{0,25}{47,62 \times 0,690} + \frac{1}{90,90} = 0,0186 = 1,86\%$$

9. Perhitungan Availability

$$A_{(tp)} = (1 - D_{(tp)}) \times 100\% \dots \dots \dots (32)$$

$$A_{(tp)} = (1 - 0,0186) \times 100\% = 98,14 \%$$

H. Hasil Pembahasan

Tindakan perawatan yang disarankan dan interval perawatan yang perlu dilakukan pada komponen *Electric System* yang sering rusak dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Kegiatan Perawatan dan Interval Perawatan yang Diusulkan

ID / Nama Mesin	Komponen Kritis	Jenis Kegagalan	IDT	Maintenance Task	Interval Perawatan (Jam)
Mesin No.1 / May Day 14" Lathe Machine	Electric System	Kontaktor rusak	Dampak tidak langsung, tersembunyi dan berpengaruh terhadap produksi	No Task (CM only)	255.07
		Relay rusak	Dampak tidak langsung, tersembunyi dan berpengaruh terhadap produksi	No Task (CM only)	
		Kabel terkelupas	Dampak tidak langsung, tersembunyi dan berpengaruh terhadap keselamatan	Condition Monitoring	
		Kabel putus	Dampak tidak langsung, tersembunyi dan berpengaruh terhadap produksi	No Task (CM only)	
		Kumparan stopper break	Dampak tidak langsung, tersembunyi dan berpengaruh terhadap produksi	Penggantian Terjadwal	

(Sumber Pengolahan Data, 2019)

Pada komponen *Electric System* dengan interval waktu perawatan 255.07 jam atau 32 hari kerja perlu tindakan *Condition Monitoring* guna mengurangi gangguan produksi, untuk *unpredictable failure* dilakukan *Corrective Maintenance* dan untuk kegagalan karena usia komponen dilakukan penggantian terjadwal.

V KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk menentukan tindakan perawatan yang optimal pada Mesin Bubut CY-L1640G berdasarkan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan membuat hirarki fungsi sistem dan analisis fungsi sistem serta kegagalan sistem, selanjutnya melakukan analisis *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) diperoleh 3 komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi yaitu komponen *Electric System* dengan RPN 196 (33.22%), *Shaft* dengan RPN 119 (20.17%) dan *Gear* dengan RPN 72 (12.20%). Kemudian dilakukan analisa *Intermediate Decision Tree* (IDT) mengetahui moda kegagalan apakah termasuk yang tampak atau tersembunyi, dari hasil IDT dilanjutkan dengan *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk menentukan tugas pemeliharaan yang optimal, kemudian dilakukan analisis keandalan untuk

menghitung TTF, TTR, MTTF dan MTTR untuk mendapatkan interval perawatan. Dan dari hasil analisis keandalan dapat dilihat dalam grafik komponen kritis terdapat 3 komponen kritis dengan persentase kerusakan yaitu komponen *Electric System* 42,51%, *Gear* 35,31%, dan *Taper* 22,18%.

2. Hasil analisis interval waktu perawatan berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk komponen yang memiliki kegagalan potensial adalah komponen *Electric System*, dengan *breakdown* sebanyak 6 kali dalam 2 tahun. Hasil yang didapat berupa pemecahan masalah yaitu dilakukan interval perawatan pada komponen *Electric System* dengan interval waktu perawatan 255.07 jam atau 32 hari kerja.

B. Saran

Adapun beberapa saran yang diberikan kepada perusahaan adalah:

1. Pihak perusahaan diharapkan mendata atau mengakses secara lengkap seluruh kerusakan yang terjadi pada mesin bubut CY-L1640G yang ada sehingga dapat dibuatkan program tentang keandalan, jadwal perawatan, penggantian komponen, dan persediaan dengan tepat.
2. Untuk komponen yang masih mengalami *breakdown maintenance*, diharapkan agar melakukan tindakan perawatan pencegahan secara intensif untuk menghindari terjadinya kerusakan yang dapat mempengaruhi berhentinya proses produksi.
3. Melakukan *autonomous maintenance* oleh operator produksi, *checksheet* harian mesin diisi oleh tiap operator sehingga tim *maintenance* dapat mengontrol dan mengevaluasi kondisi mesin

DAFTAR PUSTAKA

Ansori, Nachnul dan Mustajib, M. Imron (2013). *Sistem Perawatan Terpadu*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Aufar, A. N., Leksananto, K., dan Prasetyo, H. (2014). *Usulan Kebijakan Perawatan Area Produksi Trim Chassis Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus: PT. Nissan Motor Indonesia)*. REKA INTEGRA, 2(4).

- Heizer J. dan Render B. (2015). **Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan. Edisi 11.** Jakarta. Salemba Empat.
- Kirana, U. T., Alhilman, J., dan Sutrisno, S. (2015). **Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza FF100 Pada Line 3 PT. XYZ Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II.** *eProceedings of Engineering*, 2(2).
- Kurniawati, D. A., & Muzaki, M. L. (2017). **Analisis Perawatan Mesin Dengan Pendekatan RCM Dan MVSM.** *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 89-105.
- Kurniawan, Fajar. (2013). **Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri.** Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maulana, E., Ilhami, M. A., & Kurniawan, B. (2017). **Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Coldsaw Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Dan Reliability Block Diagram (Study Kasus: PT. Krakatau Wajatama).** *Jurnal Teknik Industri Untirta*.
- Pamungkas, A. Y. (2016). **Analisis Perawatan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di Perusahaan Konveksi Ratna.** S-1 Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Pranoto, Hadi. (2015). **Reliability Centered Maintenance (RCM).** Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Ramadhan, M. A. Z. (2018). **Penentuan Interval Waktu Preventive Maintenance Pada Nail Making Machine Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II (Studi Kasus: PT. Surabaya Wire).** (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo).
- Siswanti, E. (2017). **Perencanaan Penjadwalan Dan Persediaan Sparepart Dengan Metode Reliability Centered**

Maintenance (RCM) DI PT. X. Teknik Industri, 6(1).