

ANALISIS KEBIJAKAN PERAWATAN MESIN SECARA CORRECTIVE DAN PREVENTIVE DENGAN METODE RCM DI CV XYZ

Aulia Rizky Asman NR ¹⁾, Endang Pudji W ²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

e-mail: auliarizky77@gmail.com ¹⁾, endangpudjiti@gmail.com ²⁾

ABSTRAK

PT XYZ Merupakan pabrikan yang memproduksi segala jenis tiang yang berbahan plat ataupun pipa, Tiang PJU, Tiang PLTS, Tiang APIL, Tiang Highmast, Tiang CCTV, Tiang Decorative, Tiang Taman, dan beragam jenis tiang lainnya. CV Rahayu Sentosa juga memproduksi Guard Rail dan kelengkapannya, Panel Box, dan lain-lainnya. Permasalahan yang ada di perusahaan ini adalah, perusahaan selama ini melakukan sistem perawatan mesin hanya menggunakan metode Breakdown Maintenance. Permasalahan utama perusahaan yaitu ada pada mesin syntroc TKG, yang mana setiap adanya kerusakan terjadi perusahaan selalu menggunakan sistem corrective maintenance yang membuat downtime dan mengakibatkan terhambatnya aktivitas produksi. Dalam penelitian ini digunakan metode Reliability Centered Maintenance dengan analisa kualitatif terdiri dari FMEA (Failure Mode And Effect Analyze) dan RCM Decision Worksheet. Hasil Penelitian diperoleh bahwa komponen yang mengalami kerusakan paling sering antara lain: V-Belt, Bearing, Spring, Flywheel, Drat, Hidrolis. Tindakan yang dilakukan adalah melakukan pembongkaran dan penggantian komponen dengan keandalan dibawah lima puluh persen.

Kata Kunci: *Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, FMEA, Punch Hole Machine, Reliability Centered Maintenance (RCM).*

ABSTRACT

PT XYZ is a manufacturer that produces all kinds of poles made of plate or pipe, PJU poles, PLTS poles, APIL poles, Highmast poles, CCTV poles, Decorative poles, Garden poles, and various other types of poles. CV Rahayu Sentosa also produces Guard Rail and its accessories, Panel Boxes, and others. The problem that exists in this company is, the company has been carrying out a machine maintenance system using only the Breakdown Maintenance method. The company's main problem is in the TKG syntroc machine, where every time a breakdown occurs the company always uses a corrective maintenance system that makes downtime and results in delays in production activities. In this study, the Reliability Centered Maintenance method was used with qualitative analysis consisting of FMEA (Failure Mode And Effects Analyze) and RCM Decision Worksheet. The results showed that the components that were most frequently damaged were: V-Belt, Bearing, Spring, Flywheel, Drat, Hydraulic. The action taken is to disassemble and replace components with reliability below fifty percent.

Keywords: *corrective maintenance, preventive maintenance, punch hole machine, reliability centered maintenance (RCM), FMEA*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang memiliki system produksi *make to order* di bidang pembuatan produk dengan bahan baku plat ataupun pipa. Produk yang saat ini dihasilkan antara lain aneka jenis tiang, seperti tiang PJU, tiang PLTS, tiang APIL, tiang *Higmast*, tiang CCTV, tiang *decorative*, tiang taman, dan sejenisnya. Selain itu, perusahaan ini juga memproduksi set *guard rail*, *panel box*, dan lain-lain. Dalam melakukan pemasaran produknya, perusahaan ini tidak melibatkan pihak ketiga seperti makelar dan sejenisnya melainkan langsung dengan pihak perusahaan. PT XYZ merupakan perusahaan yang cukup berpengalaman di bidangnya yang dapat terlihat dari lengkapnya mesin produksi yang dimiliki, karyawan yang berpengalaman, mengedepankan mutu dari produk yang dihasilkan, dengan waktu produksi yang singkat serta harga bersaing. Konsumen dari perusahaan ini antara lain perorangan, swasta, BUMN, pemerintah, hingga, asing.

Permasalahan yang ada di perusahaan ini adalah, perusahaan selama ini melakukan sistem perawatan mesin hanya menggunakan metode *Breakdown Maintenance*. Metode ini hanya akan dilakukan ketika suatu mesin mendapatkan kegagalan fungsi dalam aktivitas produksinya atau lebih tepatnya mengalami kerusakan pada komponennya. Dari beberapa kasus didapatkan kerusakan-kerusakan pada mesin produksi yang terjadi di perusahaan yang mengakibatkan adanya *downtime*. Penelitian ini dilakukan untuk dapat mengatasi permasalahan yang terjadi dengan cara mengidentifikasi komponen yang sering mengalami kerusakan terutama pada mesin *syntric TKG*. Mesin *syntric TKG* dipilih karena mesin tersebut yang paling sering terjadi kerusakan yang mengakibatkan *downtime*. Karena pendekatan *corrective maintenance* yang dilakukan selama ini terbukti masih belum berhasil menurunkan *downtime*, perusahaan ingin mencoba merumuskan strategi maintenance yang dapat meningkatkan keandalan mesin. Pada penelitian ini, digunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* serta *failure mode effect analysis (FMEA)*.

Metode FMEA dipilih karena metode ini memiliki keunggulan yaitu secara akurat dapat menganalisis kegagalan berdasarkan data data historis (Aprianto et al., 2019) sedangkan RCM dipilih karena metode ini memiliki keunggulan dalam menentukan program pemeliharaan yang berfokus pada komponen atau mesin-mesin yang kritis (critical item list) (Pramudiantoro dan Alghofari, 2019), menghilangkan kegiatan perawatan yang tidak penting (Putri dan Alghofari, 2020), serta mengutamakan keselamatan dan integritas lingkungan (Sucitra, 2017).

Beberapa penelitian terdahulu telah banyak yang menggunakan kedua metode tersebut diantaranya: Andiyanto et al. (2017) yang menggunakan metode FMEA untuk kuantifikasi dan pencegahan risiko akibat *lean waste*, Budiarto (2017) yang menggunakan metode yang sama untuk memanje risiko keamanan suatu system informasi, Huda (2018) dan Hidayan dn Rochmoeljati (2020) yang menggunakan FMEA untuk menganalisis kualitas produk, Situngkir (2019) yang menggunakan metode FMEA sebagai pendukung dalam memilih strategi, Ahmadi dan Hidayah (2017) dan Santosa (2018) yang menggunakan RCM untuk melakukan analisis pemeliharaan mesin, Rachman et al. (2017), Dermawan (2019), serta Fernando dan Ikhsan (2021) yang menyusun strategi perawatan komponen dengan RCM.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Perawatan

Prinsip dasar pemeliharaan adalah untuk mengarahkan upaya pemeliharaan fasilitas produksi untuk operasi bebas masalah mereka sepanjang umur ekonominya. Kekhawatiran dapat dikatakan berhasil selama bertahun-tahun ketika berjalan tanpa gangguan, mempertahankan aliran produksi yang lancar dan terus menerus menjadi milik

produktivitas Optimal. Ini tidak mungkin hanya dengan pemasangan mesin yang sepenuhnya otomatis dan canggih, Ini adalah fenomena terpancang, bahwa tidak ada pabrik, terlepas dari jenis fasilitasnya, dapat mencapai produktivitas Setidaknya hingga tingkat memuaskan tanpa pekerjaan Pemeliharaan yang Benar.

Kegiatan *maintenance* bukan merupakan kegiatan utama dalam proses produksi namun sangat diperlukan sebagai pencegahan bahkan mengurangi adanya kerusakan pada mesin produksi sebagaimana yang telah direncanakan diawal (Maulidina et al. 2019). Semakin seringnya proses produksi atau semakin besar kapasitas produksi maka kegiatan *maintenance* yang diperlukan akan semakin meningkat frekuensinya (Ahmadi dan Hidayah, 2017). Kegiatan *maintenance* akan sangat diperlukan oleh perusahaan terutama perusahaan dengan system produksi kontinyu. Karena pada jenis system produksi tersebut kerusakan satu jenis mesin saja dapat menghambat proses produksi.

B. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

RCM adalah sebuah *tools* sistematis yang berguna untuk melakukan evaluasi sumber daya sehingga dihasilkan keandalan yang tinggi dan biaya yang efektif sesuai dengan yang dikehendaki oleh penggunaanya (Kurniawan et al. 2021). Dengan menggunakan metode RCM diharapkan dihasilkan kegiatan perawatan yang lebih efektif yang ditandai dengan berkurangnya *downtime* mesin (Kurniawati dan Muzaki, 2017). RCM berguna sebagai alat pendukung dalam melakukan pengambilan keputusan yang berkaitan dengan perawatan sumber daya terutama dalam hal ini adalah mesin produksi.

C. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

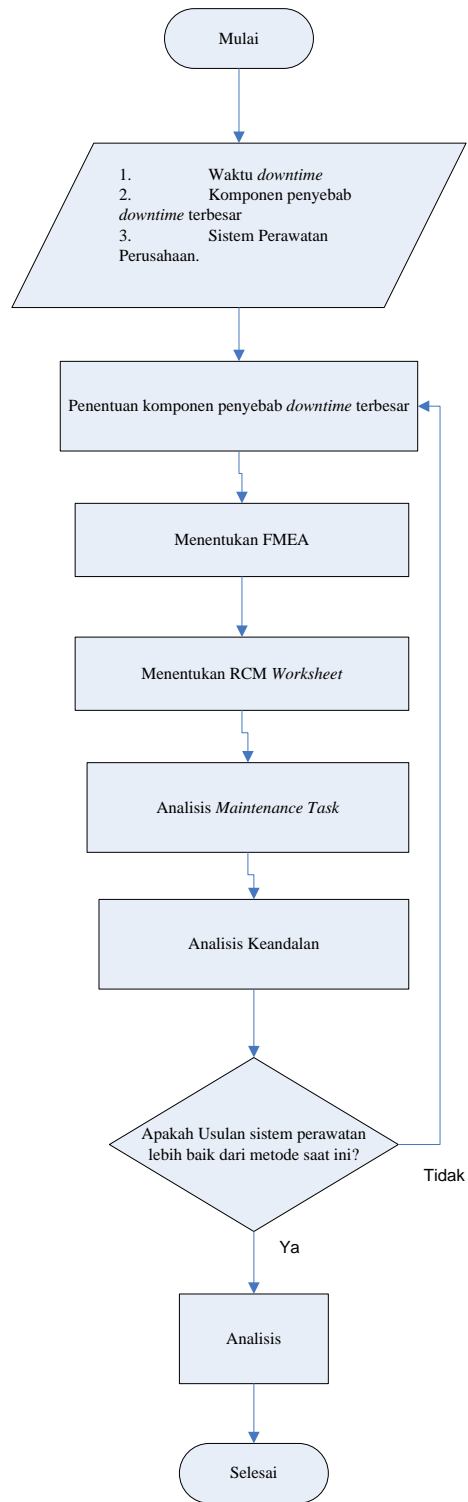
The failure mode and effect analysis (FMEA) adalah *tools* yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan sistem dan pengaruhnya (Putra dan Kurniawati, 2019). Dapat diperluas ke peringkat kegagalan untuk tingkat keparahan gabungan dan kemungkinan terjadinya kerusakan. Sebuah proses suatu peringkat kegagalan bisa juga disebut *critically analysis* (CA). Dengan metode ini, komponen mesin yang mengalami kegagalan dianalisis menggunakan FMEA menggunakan variable *occurrence*, *severity*, dan *detection*. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan tingkat keseriusan permasalahan yang terjadi, semakin tinggi nilai RPN menandakan semakin bermasalah (Pardiyono, 2020).

D. *Corrective Maintenance*

Corective maintenance adalah salah satu jenis kegiatan perawatan yang mana baru akan dilakukan bila telah terjadi kerusakan pada suatu mesin yang ditandai dengan tidak dapat berjalannya mesin tersebut sebagai mana mestinya (Coder dalam Permana dan Arvianto, 2019). Aktivitas *Corrective maintenance* sering disebut aktivitas perbaikan. *Corrective maintenance* merupakan kegiatan yang tidak pernah direncanakan sebelumnya sehingga terkadang perawatan yang dilakukan bersifat major.

III. METODE PENELITIAN

Untuk mengatasi masalah yang dibahas dalam kebijakan perawatan mesin dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan perhitungan Keandalan di PT. XYZ. Tahapan pemecahan masalah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

Penjelasan Flowchart:

- 1) Data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain: data waktu downtime, komponen penyebab downtime paling sering, serta system perawatan yang saat ini digunakan oleh perusahaan
- 2) Setelah didapatkan data-data yang diperlukan selanjutnya dilakukan pembuatan tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA disini berguna untuk memetakan jenis-jenis kerusakan yang terjadi serta efek yang terjadi.
- 3) Setelah FMEA dibuat, langkah selanjutnya adalah mengisi RCM worksheet
- 4) Selanjutnya dilakukan analisis maintenance task yang berujung untuk menganalisis serta mengganggu failure yang terjadi
- 5) Setelah itu dilakukan analisis keandalan untuk mengetahui keandalan dari mesin yang digunakan sehingga nantinya dapat digunakan untuk merumuskan strategi pemeliharaan yang sesuai.
- 6) Kemudian dilakukan perbandingan antara system perawatan actual dengan usulan
- 7) Setelah didapatkan metode perawatan terbaik kemudian dilakukan analisis dan penarikan kesimpulan

IV. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

A. Pengolahan Data

Adapun tahapan proses pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mementukan Interval dalam melakukan inspeksi mesin menggunakan Metode *Reability Centered Maintenance* (RCM)
 - a. Penentuan Komponen Kritis
Penentuan komponen kritis ini ditentukan berdasarkan data *downtime* mesin *Syntric TKG* sehingga dapat diketahui persentase *downtime* sehingga komponen kritis dapat ditentukan. Setelah didapatkan komponen kritis dari suatu mesin, selanjutnya dapat dilakukan analisis tipe kerusakan serta efek yang ditimbulkan dari kerusakan pada komponen tersebut terhadap keandalan mesin.
 - b. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
Setelah mengetahui sistem kerja dari mesin *Syntric TKG* pada tahap selanjutnya kita membuat tabel *Failure Mode and Effect Analysis* yang nantinya digunakan untuk mengidentifikasi *function*, *fuctional failures*, *failure mode* dan *failure effect* dari tiap komponen mesin *Reactor B*, yang selanjutnya dilakukan perhitungan RPN atau *Risk Priority Number* berdasarkan pada perkalian *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D) dan nilai tertinggi dari perhitungan RPN akan dilakukan perawatan terlebih dahulu.

TABEL I
FMEA BEARING

<i>Failure Mode And Effect Analysis</i>		<i>Bearing</i>		
No	Fungsi (<i>Function</i>)	Fungsi Kegagalan (<i>Functional Failure</i>)	Mode Kegagalan (<i>Failure Mode</i>)	Efek Kegagalan (<i>Failure Effect</i>)
1	Salah satu komponen yang fungsi utamanya mengurangi gesekan antara poros dan elemen lainnya.	Terjadi kemacetan saat terjadi gesekan dengan drat ulir.	Bearing mengalami oblok atau posisi	Ram atau Slider tidak bisa memberikan gaya tekan atau <i>punching</i> ke <i>work bench</i> . Tindakan Operator: Menghentikan mesin. Tindakan <i>Maintenance</i> : Membongkar mesin untuk penggantian <i>bearing</i> Lama Perbaikan: 1,5 jam

c. *Maintenance Task*

Pada tahap analisis *maintenance task* ini digunakan *RCM Decision Worksheet*. Menggunakan FMEA, dilakukan analisis kegagalan pada system. *RCM Decision Diagram* pada masing-masing sub system dibuat yang dalam hal ini adalah sub-sistem pada *Syntric TKG*. *RCM Decision Diagram* berguna untuk menentukan *maintenance task* yang sesuai.

TABEL II
RCM DECISION WORKSHEET BEARING

Information Reference	Consequence Evaluation			Default Action			Proposed Task
	H	H	H	S1	S2	S3	
F F M	1	2	3	O	O	O	S4 <i>Scheduled on Discard task</i> pembongkaran dan melakukan penggantian komponen <i>bearing</i> adalah cara atau metode paling efektif untuk kerusakan <i>bearing</i> yang oblok atau retak. <i>Scheduled on condition task</i> pengecekan dan pemberian pelumas terhadap <i>bearing</i>
H S E O	1	2	3	N	N	N	
	1	2	3	4	5		
1 1 1	Y	N	N	Y	Y	N	N
1 1 1	Y	N	N	Y	Y	N	N

d. Perhitungan waktu antar kegagalan

Probabilitas tingkat kegagalan, keandalan mesin dan fungsi laju kegagalan dapat terlihat pada Tabel III berikut.

TABEL III
NILAI MTBF (MEAN TIME BETWEEN FAILURE)

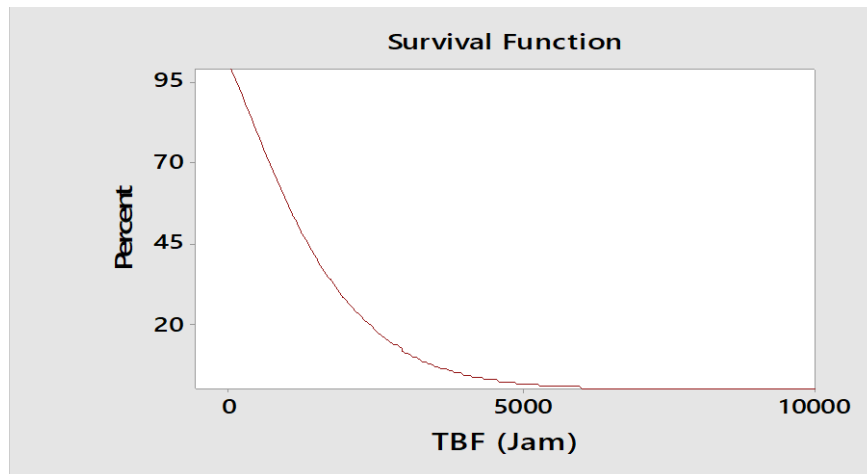
System	No	Shutdown	Restore	Komponen	TBF (Jam)	TTR (Jam)
<i>bearing</i>	1	15/01/2018	15/01/2018	Ganti <i>Bearing</i>	0	1,5
	2	03/05/2018	03/05/2018	Ganti <i>Bearing</i>	2592	1,5
	3	20/05/2018	20/05/2018	Ganti <i>Bearing</i>	408	1,5
	4	02/08/2018	02/08/2018	Ganti <i>Bearing</i>	1776	1,5
	5	03/09/2018	03/09/2018	Ganti <i>Bearing</i>	768	1,5
	Total				5544	7,5
				λ	0,0009019	

Menggunakan uji distribusi, didapatkan bahwa data *Bearing* berdistribusi Weibull dengan dengan nilai *shape* atau *Beta* (β) = 0,62794 dan *Scale* (η) = 902,03012. Selanjutnya untuk mendapatkan nilai MTBF, dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \eta \gamma \left(1 + \left(\frac{1}{\beta}\right)\right) \\
 &= 902,03012 \gamma \left(1 + \left(\frac{1}{0,62794}\right)\right) \\
 &= 902,03012 \gamma (2,59) \quad (\text{Tabel fungsi Gamma } (\gamma 2,59 = 1,41896)) \\
 &= 902,03012 \gamma (1,41896) \\
 &= 1279,9446 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

e. Keandalan *Bearing*

Adapun distribusi waktu antar kedatangan antar kegagalan pada system *bearing* mengikuti distribusi weibull, maka didapatkan grafik keandalan mesin seperti Gambar 2. berikut:



Gambar 2. Grafik Keandalan

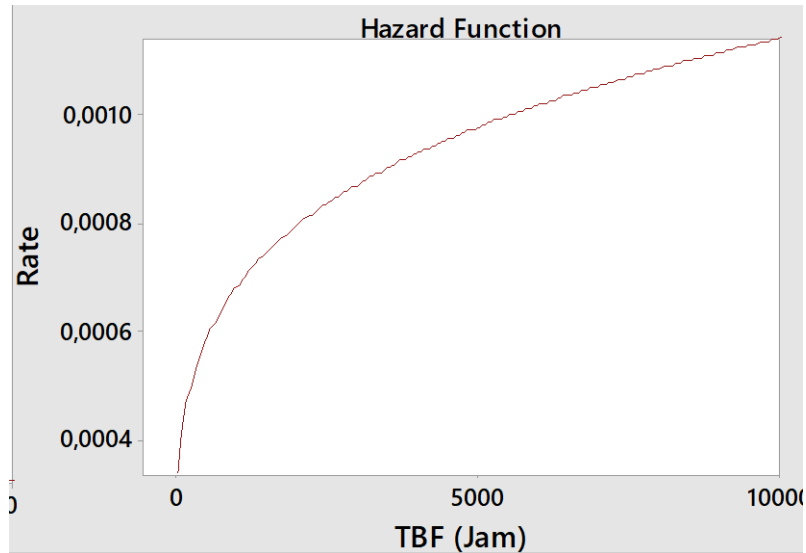
Berdasarkan Gambar 2. diatas dapat diketahui bahwa keandalan mesin mengalami penurunan seiring dengan semakin bertambahnya jam operasional mesin. Adapun data penurunan keandalan secara detail dapat terlihat pada TBF serta prosentase keandalan bearing sesuai dengan Gambar 3 berikut.

TBF (Jam)	Percent
43,4750	98,8173
567,503	75,8113
1091,53	53,9488
1615,56	36,8723
2139,59	24,4729
2663,61	15,8667
3187,64	10,0859
3711,67	6,30217
4235,70	3,87839
4759,72	2,35420
5283,75	1,41119
5807,78	0,836183
6331,81	0,490170
6855,83	0,284463
7379,86	0,163531
7903,89	0,0931741
8427,92	0,0526398
8951,94	0,0295010
9475,97	0,0164067
10000	0,0090575

Gambar 3. Data Presentase keandalan *bearing*

f. *Failure Rate*

Berdasarkan dari tabel 1 dari data *Time between failure* didapatkan grafik laju kerusakan. Melalui *software* minitab 18 maka didapatkan grafik dan data *rate* laju kegagalan terhadap waktu seperti pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Grafik *Failure Rate*

Menurut Gambar 4 diatas laju kegagalan mesin terus mengalami peningkatan. Hal tersebut menandakan bahwa laju kerusakan mesin pada awal penggunaan rendah dan terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu operasional mesin tersebut. Secara detail, data kenaikan laju kerusakan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

TBF (Jam)	Rate
43,4750	0,0003353
567,503	0,0005978
1091,53	0,0006927
1615,56	0,0007566
2139,59	0,0008060
2663,61	0,0008468
3187,64	0,0008817
3711,67	0,0009124
4235,70	0,0009400
4759,72	0,0009650
5283,75	0,0009879
5807,78	0,0010092
6331,81	0,0010290
6855,83	0,0010476
7379,86	0,0010651
7903,89	0,0010817
8427,92	0,0010974
8951,94	0,0011124
9475,97	0,0011268

Gambar 5. Data *Failure Rate*

g. *RCM Decision Worksheet*

Setelah dilakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) komponen *bearing* mesin *Syntric TKG* maka pada tahap selanjutnya yaitu membuat *RCM Decision Worksheet*. *RCM Decision Worksheet* berguna untuk menentukan jenis aktivitas

perawatan (*maintenance task*) yang sesuai diterapkan pada masing-masing tipe kegagalan (*failure modes*).

TABEL IV
RCM DECISION WORKSHEET

Information			Consequence				H1	H2	H3	Default		Proposed	
Reference			Evaluation				S1	S2	S3	Action		Task	
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	1	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	Scheduled on Discard task pembongkaran dan melakukan penggantian komponen <i>bearing</i> adalah cara atau metode paling efektif untuk kerusakan <i>bearing</i> yang oblok atau retak.			
1	1	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	Scheduled on condition task pengecekan dan pemberian pelumas terhadap <i>bearing</i>			

g. Keandalan dengan *preventive maintenance*

Dengan menggunakan nilai $t=48,5$ dan $Scale (\eta) = 902,03012$, dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai keandalan tanpa preventive sebagai berikut:

$$R(t) = \exp\left(-\frac{0,000901876t^\beta}{\eta}\right)$$

$$R(t) = \exp\left(-\frac{0,000901876 \cdot 0,62794}{902,03012}\right)$$

$$R(t) = 48,54\%$$

- Keandalan dengan *Preventive bearing*

$$R = e^{0,000901876 \cdot 7.5}$$

$$R = 99,86\%$$

- Keandalan dengan *Preventive dies*

$$R = e^{0,000760341 \cdot 20}$$

$$R = 99,69\%$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapatkan bahwa keandalan mesin *syntronic* TKG setelah adanya *preventive* adalah sebesar 99,69%

TABEL V
TINDAKAN PERAWATAN MESIN *SYNTRIC* TKG

Komponen	Tindakan Penentuan		Tindakan Lanjutan Dan Alasan
	<i>Preventive</i>	<i>Corrective</i>	
<i>V- Belt</i>	✓	✓	Sebelum melakukan pekerjaan bisa dilakukan pengecekan, jika sudah getas atau rusak dilakukan pergantian
<i>Bearing</i>	✓	✓	Melakukan pemberian pelumas pada bearing dan jika terjadi oblok maka dilakukan pergantian
<i>Spring</i>	✓	✓	Dilakukan pergantian dikarenakan pecah atau terjadi patah

Komponen	Tindakan Penentuan		Tindakan Lanjutan Dan Alasan
	<i>Preventive</i>	<i>Corrective</i>	
<i>Drat atau Dies</i>	✓	✓	Dilakukan pergantian karena drat terkikis dan tidak bisa dipakai lagi
<i>Fly Wheel</i>	✓	-	Memberikan pelumas sebelum aktivitas kerja agar tidak macet jika terjadi retak maka dilakukan pergantian.
<i>Hidrolik</i>	✓	✓	Mengganti bagian hidrolis yang bocor dikarenakan tidak bisa dipakai.

V. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan penelitian yang telah dibuat:

1. Berdasarkan hasil perhitungan analisis penerapan *reliability centered maintenance* pada mesin *syntric tkg* di PT. XYZ dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. Enam mode kegagalan dapat diantisipasi menggunakan *Schedule on condition task (preventive maintenance)* yaitu kegiatan pemeriksaan terhadap potensial *failure* sehingga tindakan dapat diambil untuk mencegah terjadinya *functional failure*.
 - b. Lima mode kegagalan dapat dicegah dengan *scheduled discard task* dengan mengganti komponen rusak menggunakan komponen sesaat sebelum mencapai batas maksimal penggunaan tanpa melihat kondisi terakhir pada saat penggantian.
2. Dari analisa didapatkan nilai rata-rata waktu antar kegagalan (MTBF) bearing 1279,9446 Jam, dies 1441,16484 Jam. Kemudian untuk Keandalan sebelum *Preventive* didapatkan $R(t)=48,54\%$, keandalan setelah *preventive bearing* $R(t) = 99,86\%$ keandalan setelah *preventive dies* $R(t) = 99,69\%$
3. Tindakan untuk mesin *Syntric TKG*
 - a. Pembongkaran dan melakukan penggantian komponen bearing yang memiliki keandalan dibawah 50 % metode paling efektif untuk kerusakan bearing dengan ciri-ciri oblok atau retak.
 - b. Pembongkaran dan mengganti komponen V-Belt yang memiliki keandalan dibawah 50 % adalah cara atau metode paling efektif untuk kerusakan V-Belt yang memiliki ciri-ciri putus, retak atau mudah lepas dari Flywheel.
 - c. Penggantian dies yang memiliki keandalan dibawah 50 % dan mengalami keausan atau retak.
 - d. Membongkar dan melakukan penggantian hidrolis yang memiliki keandalan dibawah 50 % dengan ciri-ciri bocor dikarenakan melebihi tekanan,
 - e. Membongkar dan melakukan penggantian Spring yang memiliki keandalan dibawah 50 % dengan ciri-ciri patah ataupun kaku.

PUSTAKA

- Ahmadi, N., & Hidayah, N. Y. (2017). Analisis pemeliharaan mesin blowmould dengan metode RCM di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 167-176.
- Andiyanto, S., Sutrisno, A., & Punuhsingon, C. C. (2017). Penerapan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) untuk kuantifikasi dan pencegahan resiko akibat terjadinya lean waste. *JURNAL ONLINE POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 6(1).
- Aprianto, H. A., Nusyirwan, N., & Prasetya, S. (2019, October). Analisis Kegagalan Gas Cooler pada Sistem Gas Compressor Menggunakan Metode FMEA. In *Seminar Nasional Teknik Mesin (Vol. 9, No. 1, pp. 1216-1223)*.
- Budiarto, R. (2017). Manajemen Risiko Keamanan Sistem Informasi Menggunakan Metode FMEA Dan ISO 27001 Pada Organisasi XYZ. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 2(2), 48-58.
- Dermawan, D., & Yul, F. A. (2019). Penentuan Kebijakan Maintenance Pada Motor Conveyor Mb 23 Dengan Menggunakan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Pt. Indah Kiat Pulp And Paper. *Jurnal Surya Teknika*, 6(1), 32-37.
- Fernando, D., & Ikhsan, A. (2021). *Strategi perawatan komponen kritis pada mesin rh-5 multi block dengan metode reliability maintenance centered (RCM)*. Undergraduate research, Faculty of industrial technology, bung hatta university, 17(3).
- Huda, L. N. (2018, December). Analisis Kualitas Produk Minuman Guna Meningkatkan Performansi Jumlah Produksi Dengan Metode Fmea (Failure Mode And Effects Analysis). In *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST) (Vol. 1, No. 2, pp. 153-159)*.
- Hidayat, M. T., & Rochmoeljati, R. (2020). Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Di Pt. Ifmfi, Surabaya. *Juminten*, 1(4), 70-80.
- Kurniawan, D., Haryono, H., & Prihatiningsih, T. (2021). Perbaikan Perawatan Mesin Rotary Lathe dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Menggunakan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Jurnal SENOPATI: Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering*, 2(2), 82-91.
- Kurniawati, D. A., & Muzaki, M. L. (2017). Analisis perawatan mesin dengan pendekatan RCM dan MVSM. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 89-105.
- Maulidina, L. N., Atmaji, F. T. D., & Alhilman, J. (2019). Penerapan Metode Reliability and Risk Centered Maintenance (Rrcm) Untuk Usulan Kebijakan Maintenance Mesin Injeksi Plastik (Studi Kasus Pada CV. Xyz). *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 13(3), 275-284.
- Pardiyono, R. (2020). Preventive Maintenance Menggunakan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Agronesia Inkaba. *Multitek Indonesia*, 14(1), 41-50
- Permana, I. I., & Arvianto, A. (2019). Analisis Preventive Dan Corrective Maintenance Loading Arm Pada Pt. Pertamina Tbbm Semarang Group. *Industrial Engineering Online Journal*, 7(4).
- Pramudiantoro, R., & Al Ghofari, A. K. (2019). *Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Produksi Jingwei G1768 Air Jet Loom Berbasis Reliability Centered Maintenance (RCM)(Studi Kasus: PT. Delta Merlin Dunia Tekstil IV, Boyolali)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Putra, A. V. P., & Kurniawati, D. A. (2019). Analisis Penyebab Kegagalan Packer Machine pada Bag Transfer System dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan Fishbone Analysis. *CIEHIS Prosiding*, 1(1), 125-132.
- Putri, A. T., & Alghofari, I. A. K. (2020). *Usulan Perancangan Pemeliharaan Mesin Osthoff Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Rachman, H., Garside, A. K., & Kholik, H. M. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 86-93.
- Santosa, N. E. (2018). *Perawatan Mesin Bubut Cnc (Lama) Taiwan K. 93 Dengan Metode Rcm (Reliability Centered Maintenance) Di Pt Pindad (Persero)* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- Situngkir, D. I. (2019). Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Paper Machine. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 39-43.
- Sucitra, F. A. (2017). *Perencanaan perawatan mesin untuk meminimasi breakdown dengan pendekatan reliability centered maintenance pada div. Industri es saripetojo Bandung* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik).