

Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk Menentukan Strategi Perawatan Mesin Pencacah Sampah Organik

Nur Rohman Wicaksono¹, Siti Duratun Nasiqiati Rosady^{2*}

^{1,2}Politeknik Negeri Malang

Abstrak: Masalah sampah adalah topik yang tak pernah selesai untuk diperbincangkan. Di Kabupaten Mojokerto, timbunan sampah dalam setahun mencapai 172.728,57 ton. Sayangnya, 57% dari jumlah tersebut tidak terkelola. Jika pengolahan sampah organik tidak efektif, konsekuensinya dapat menimbulkan masalah lain. Oleh karena itu, dibutuhkan alat seperti mesin pencacah sampah organik membantu untuk mempercepat pengomposan. Karena jumlah produksi sampah organik di Kabupaten Mojokerto tergolong tinggi, maka mesin pencacah sampah akan memiliki beban pemakaian yang besar. Diperlukan langkah pencegahan agar mesin dapat beroperasi dengan baik dan memiliki umur pemakaian yang panjang. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat dijadikan landasan untuk perawatan mesin untuk pengembangan perawatan pencegahan. Metode ini digunakan untuk menentukan tindakan perawatan yang tepat pada mesin dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti penentuan komponen kritis berdasarkan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), keandalan mesin, tindakan perawatan, dan biaya pemeliharaan. Hasil penelitian didapatkan 2 komponen kritis yang ada pada mesin pencacah sampah organik yaitu pisau putar dan saringan. Perhitungan nilai keandalan menunjukkan bahwa interval waktu perawatan untuk komponen pisau putar adalah setiap 852,6743 jam kerja, dan untuk komponen saringan adalah setiap 145,4628 jam kerja.

Kata Kunci: Mesin pencacah sampah organik, *Reliability Centered Maintenance*, *Failure Mode and Effect Analysis*, RCM Decision Worksheet

DOI:

<https://doi.org/10.47134/jme.v1i4.3214>

*Correspondence: Siti Duratun Nasiqiati Rosady

Email: sitiduratun@polinema.ac.id

Received: 15-08-2024

Accepted: 26-09-2024

Published: 21-10-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Waste is a never-ending topic of discussion. In Mojokerto district, the amount of waste generated in a year reaches 172,728.57 tons. Unfortunately, 57% of this amount is unmanaged. If organic waste processing is not effective, the consequences can lead to other problems. Therefore, a tool such as an organic waste shredder is needed to help speed up composting. Since the amount of organic waste production in Mojokerto district is high, the waste shredder will have a large usage load. Preventive measures are needed so that the machine can operate properly and have a long service life. The *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method can be used as a foundation for machine maintenance for the development of preventive maintenance. This method is used to determine the right maintenance action on the machine by considering factors such as determining critical components based on *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) analysis, machine reliability, maintenance actions, and maintenance costs. The results of the study obtained 2 critical components that exist in the organic waste chopping machine, namely rotary knives and filters. Calculation of the reliability value shows that the maintenance time interval for the rotary knife component is every 852.6743 working hours, and for the sieve component is every 145.4628 working hours.

Keywords: Organic waste shredder, *Reliability Centered Maintenance*, *Failure Mode and Effect Analysis*, RCM Decision Worksheet

Pendahuluan

Sampah terus menjadi subjek pembicaraan. Ini disebabkan oleh fakta bahwa sampah memainkan peran penting dalam kehidupan manusia. Menurut Ikfina dalam Radar Mojokerto (2023), jumlah sampah di Kabupaten Mojokerto mencapai 172.728,57 ton setiap tahun, dengan 57% tidak dikelola. Polusi udara akan terjadi jika sampah organik diolah dengan buruk (Linggi' & Pawarangan, 2018). Oleh karena itu, alat yang meningkatkan proses pengolahan sampah organik, seperti mesin pencacah, diperlukan.

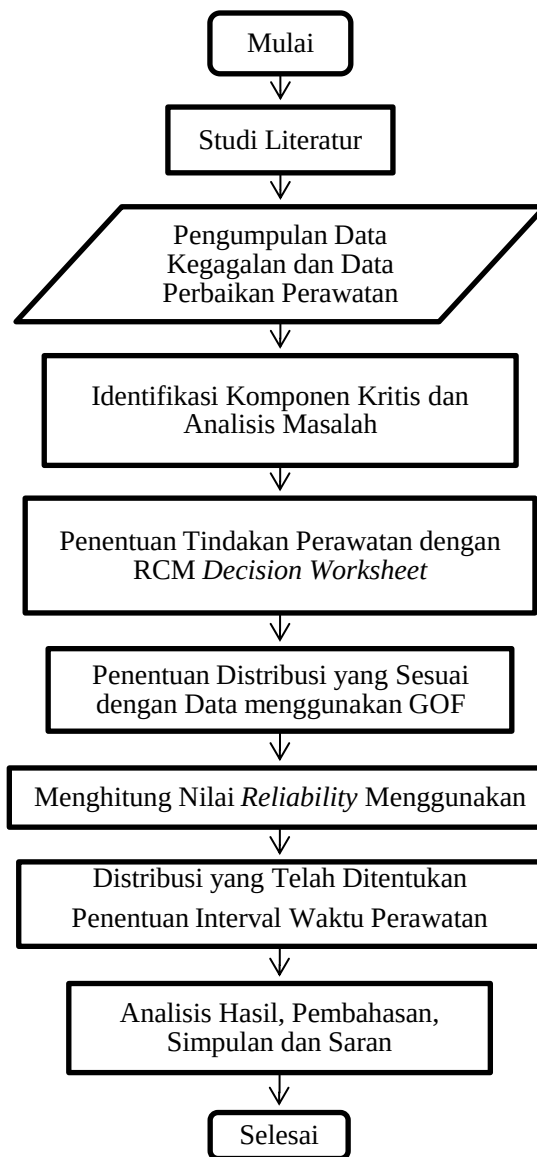
Mesin pencacah sampah organik dapat digunakan untuk memotong bahan baku kompos seperti ranting, daun, dan rumput menjadi ukuran yang lebih kecil, yang akan mempercepat proses pengomposan (Nugraha et al., 2020). Karena tingkat produksi sampah organik yang tinggi di Kabupaten Mojokerto, mesin pencacah sampah akan mengalami tingkat pemakaian yang tinggi. Faktor lain juga berpengaruh, seperti pemeliharaan yang tidak tepat dan tingkat efisiensi mesin, yang dapat menyebabkan kegagalan pada bagian mesin, yang berdampak pada kinerja dan umur pakai mesin (Introna, 2024).

Perencanaan perawatan mesin sangat penting untuk memastikan ketersediaan dan keandalan mesin pencacah sampah organik. Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah dasar perawatan mesin secara fisik, yang digunakan untuk mengembangkan perawatan pencegahan yang terjadwal (Rahmatullah et al., 2022). Metode ini digunakan untuk menentukan tindakan perawatan mesin yang tepat dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti penentuan komponen kritis berdasarkan analisis Mode dan Efek Kegagalan (FMEA), efisiensi operasional mesin berdasarkan data produktivitas, kecepatan, beban, biaya pemeliharaan, dan keamanan mesin (Liu, 2024).

Komponen dengan beban kerja tinggi, seperti pisau pencacah, pulley, bearing, saringan, dan vanbelt, sering mengalami kerusakan atau umur pakai yang pendek. Untuk perawatan yang berfokus pada keandalan, penggantian komponen dilakukan sebelum jangka waktu yang ditetapkan untuk usia komponen. Ini adalah konsekuensi dari masa pemakaian efektif yang telah mencapai titik tertingginya. Menurut (Ninny Siregar & Munthe, 2019), penggunaan terus-menerus dapat mengurangi kinerja mesin. Oleh karena itu, untuk memastikan ketersediaan dan keandalan mesin pencacah sampah, perencanaan perawatan mesin sangat penting (Luo, 2024).

Metode RCM yang tepat dapat digunakan untuk mengelola elemen seperti keamanan, efisiensi operasional, dan biaya pemeliharaan dengan lebih baik (F. Yang, 2024). Perawatan yang direncanakan dapat mengurangi risiko penurunan kinerja dan kegagalan komponen mesin, sehingga mesin dapat beroperasi secara optimal dan biaya perawatan dapat dikontrol tanpa mengganti komponen secara besar-besaran (Islam, 2020).

Metodologi



Gambar 1. Diagram alir penelitian

1. Keandalan (*Reliability*)

Kemungkinan bahwa suatu komponen atau sistem akan melakukan fungsi yang diperlukan dalam kondisi operasi tertentu untuk jangka waktu tertentu, juga dikenal sebagai keandalan. Keandalan yang dimaksud terkait dengan kemungkinan kegagalan berulang (Ebeling, 1997). Suatu peralatan dapat dinyatakan dalam dua keadaan: "baik" dan "rusak". Dengan demikian, jika keandalan bernilai 1, maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan baik, dan jika keandalan bernilai 0, maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan rusak.

2. *Mean Time Between Failure (MTBF)*

MTBF adalah indikator dasar keandalan. MTBF adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh suatu sistem tanpa mengalami kegagalan selama periode waktu tertentu. Semakin tinggi nilai MTBF, semakin tinggi keandalan sistem tersebut. Perhitungan nilai

MTBF dapat dilakukan dengan membagi total waktu optimal oleh jumlah kegagalan yang terjadi (Torell & Avelar, 2010). Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum T_{Uptime}}{n} \quad (1)$$

(Sunardi & Iskandar, 2022)

Dimana,

MTBF = *Mean Time Between Failure*

T_{Uptime} = Waktu Optimal

n = Frekuensi kerusakan yang terjadi

3. Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah waktu yang diperlukan untuk memperbaiki suatu sistem dari kegagalan. Sama seperti MTBF, MTTR diwakili dalam satuan jam. MTTR memengaruhi *Availability* dan bukan *Reliability*. Semakin lama MTTR, semakin buruk sistem tersebut. Secara sederhana, jika membutuhkan waktu lebih lama untuk memulihkan suatu sistem dari kegagalan, maka ketersediaan sistem akan lebih rendah (Torell & Avelar, 2010). Berikut persamaan untuk menghitung MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum t}{n} \quad (2)$$

(Sunardi & Iskandar, 2022)

Dimana,

MTTR = *Mean Time To Repair*

t = Total waktu perbaikan

n = Frekuensi perbaikan yang pernah dilakukan

4. Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu proses yang digunakan untuk menganalisis mode kegagalan suatu produk. Informasi ini kemudian digunakan untuk menentukan dampak setiap kegagalan pada produk, sehingga menghasilkan perbaikan desain produk. Terdapat tiga faktor risiko diperhitungkan untuk setiap mode kegagalan potensial: kejadian/probabilitas kegagalan/*occurrence* (O), tingkat keparahan konsekuensi/*severity* (S), dan peluang/probabilitas kegagalan tidak terdeteksi/*detectability* (D). Ketiga faktor keparahan, kejadian, dan detektabilitas dikalikan bersama untuk menghitung angka yang disebut sebagai nomor prioritas risiko (RPN): $RPN = S \times O \times D$ (Wu & Wu, 2021). Parameter S, O dan D dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Severity

Skor	Keterangan
10	Kegagalan serius yang terjadi tanpa peringatan dan berdampak besar terhadap sekitar
9	Kegagalan serius berdampak terhadap sekitar
8	Mesin tidak dapat dioperasikan dan berpotensi bahaya terhadap sekitar
7	Performa mesin sangat terpengaruh dan tingkat keamanan berkurang
6	Performa sistem menurun dan menyebabkan kerusakan komponen lain
5	Berdampak sedang terhadap sistem dan berpotensi menyebabkan kerusakan komponen lain

4	Berdampak kecil terhadap sistem dan tidak menimbulkan bahaya tetapi menyebabkan pemeliharaan di luar jadwal
3	Berdampak kecil terhadap sistem dan tidak menimbulkan bahaya terhadap sekitar
2	Berpengaruh sangat kecil terhadap sistem dan tidak menimbulkan bahaya terhadap sekitar
1	Tidak menimbulkan pengaruh

Tabel 2. *Occurrence*

Skor	Keterangan
10	Terjadi sekali dalam 1 hari
9	Terjadi sekali dalam beberapa hari (kurang dari 1 minggu)
8	Terjadi sekali dalam 1 minggu
7	Terjadi sekali dalam 1 bulan
6	Terjadi sekali dalam 3 bulan
5	Terjadi sekali dalam 6 bulan
4	Terjadi sekali dalam 1 tahun
3	Terjadi sekali dalam 1-3 tahun
2	Terjadi sekali dalam 3-5 tahun
1	Terjadi sekali dalam lebih dari 5 tahun

Tabel 3. *Detection*

Skor	Keterangan
10	Tidak dapat terdeteksi oleh sistem dan operator
9	Hampir tidak dapat terdeteksi oleh sistem dan operator
8	Sangat kecil kemungkinan terdeteksi oleh sistem, kegagalan terdeteksi ketika dilakukan pengecekan oleh operator
7	Kecil kemungkinan operator menyadari adanya kondisi abnormal
6	Kecil kemungkinan untuk terdeteksi oleh sistem tetapi operator menyadari adanya kondisi abnormal
5	Sedang kemungkinan terdeteksi oleh sistem
4	Cukup besar kemungkinan untuk terdeteksi oleh sistem tetapi tanpa adanya peringatan
3	Besar kemungkinan untuk terdeteksi dan timbulnya peringatan
2	Hampir pasti terdeteksi dan timbulnya peringatan
1	Pasti terdeteksi oleh sistem

Setelah diketahui total skor RPN dan level risiko, selanjutnya adalah menentukan kriteria program perawatan berdasarkan total nilai RPN (Puthillath & Sasikumar, 2015), yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Kriteria Program Perawatan

No.	Program Perawatan	Kriteria Skor RPN
1	<i>Predictive Maintenance</i>	>300
2	<i>Preventive Maintenance</i>	200 - 300
3	<i>Corrective Maintenance</i>	<200

5. Diagram Pareto

Untuk menemukan dan memprioritaskan komponen yang paling berdampak pada masalah tertentu, diagram Pareto dapat membantu. Pareto mengatakan bahwa 80% dari

suatu masalah disebabkan oleh 20% penyebabnya (Salah et al., 2023). Penanganan dan hasil perbaikan akan lebih efektif dan efisien jika mereka berkonsentrasi pada penyebab 20% masalah tersebut. Untuk menunjukkan parameter yang diukur, diagram Pareto menggunakan diagram batang dan garis. Parameter tersebut dapat berupa frekuensi atau nilai tertentu, sehingga parameter yang dominan dapat diketahui (Cahyati, 2024).

6. Distribusi Weibull

Menurut (Ebeling, 1997) ketika kegagalan tidak terjadi dalam waktu yang ditentukan (t_0), maka distribusi Weibull 3 parameter dapat digunakan untuk menghitung nilai keandalan suatu komponen. Berikut adalah rumus distribusi Weibull 3 parameter:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-t_0}{\theta} \right)^\beta \right] \quad t \geq t_0$$

(Ebeling, 1997)

(3)

Dimana:

- R : Nilai keandalan
- t : Waktu operasional (jam)
- θ : *Scale* parameter atau MTBF, atau biasa disebut sebagai *eta* (η)
- t_0 : *Guaranteed lifetime* atau biasa juga disebut *gamma* (γ)
- β : *Shape* parameter

7. Root Cause Analysis (RCA)

RCA adalah suatu proses analisis yang logis, terbukti, dan terkait untuk menemukan penyebab utama suatu masalah (Latino et al., 2019). Metode RCA sering digunakan pada manufaktur untuk menyelesaikan masalah di departemen seperti produksi dan perawatan. Untuk mengidentifikasi sumber masalah, RCA dilakukan dengan membuat *fishbone* diagram sebagai alat untuk membantu mengidentifikasi, menyusun, dan memvisualisasikan berbagai penyebab potensial dari suatu masalah atau efek tertentu.

Hasil dan Pembahasan

1. Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Penentuan komponen kritis mesin pencacah sampah organik dilakukan berdasarkan analisis menggunakan metode FMEA serta diagram pareto. Hal ini untuk mengetahui tingkat prioritas dari perawatan dan perbaikan mesin. Setiap komponen memiliki mode kegagalan dan dampak dari kegagalan yang berbeda (X. Yang, 2024).

Setelah diketahui mode kegagalan pada setiap komponen, selanjutnya adalah mencari komponen kritis menggunakan *Risk Priority Number* (RPN). Hasil perhitungan nilai RPN dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai RPN

No	Komponen	SOD	Skor	Failure Mode	Total
1	Pisau putar	S	6	Pisau yang tumpul dapat menyebabkan performa sistem menurun dan dapat merusak komponen lain	210
		O	5	Pisau tumpul dapat terjadi sekitar 6 hingga 7 bulan sekali	
		D	7	Pisau yang tumpul sulit untuk diketahui oleh operator	

2	Pulley	S	7	Pulley yang mengalami kerusakan atau kocak dapat menyebabkan performa mesin menurun secara signifikan dan tingkat keamanan berkurang	14
		O	1	Pulley dapat mengalami kerusakan sekali dalam 5 tahun, atau saat proses produksi memang mengalami kecacatan seperti kocak atau tidak sesuai dengan poros	
		D	2	Kerusakan pada pulley hampir pasti terdeteksi yang akan diketahui oleh operator	
3	Bearing	S	5	Bearing yang tidak mendukung poros yang berputar menyebabkan kerusakan sedang terhadap sistem dan berpotensi menyebabkan kerusakan komponen lain	90
		O	3	Kerusakan atau aus pada bearing dapat terjadi di rentang waktu sekali dalam 1-3 tahun sekali	
		D	6	Kerusakan atau aus pada bearing dapat diketahui oleh operator dengan adanya kondisi abnormal	
4	Fan Belt	S	4	Fan belt longgar atau retak dapat menyebabkan berdampak kecil terhadap sistem dan tidak menimbulkan bahaya tetapi menyebabkan pemeliharaan di luar jadwal	96
		O	4	Kerusakan pada fan belt dapat terjadi sekitar sekali dalam 1 tahun	
		D	6	Kerusakan pada fan belt dapat diketahui oleh operator dengan adanya kondisi yang abnormal terjadi pada performa mesin	
5	Saringan	S	5	Saringan yang penuh memiliki dampak sedang terhadap sistem karena dapat menyumbat sampah yang seharusnya turun dan berpotensi menyebabkan kerusakan komponen lain	175
		O	7	Saringan yang penuh dapat terjadi sekali dalam 1 bulan	
		D	5	Saringan yang penuh dapat diketahui oleh sistem dan operator	

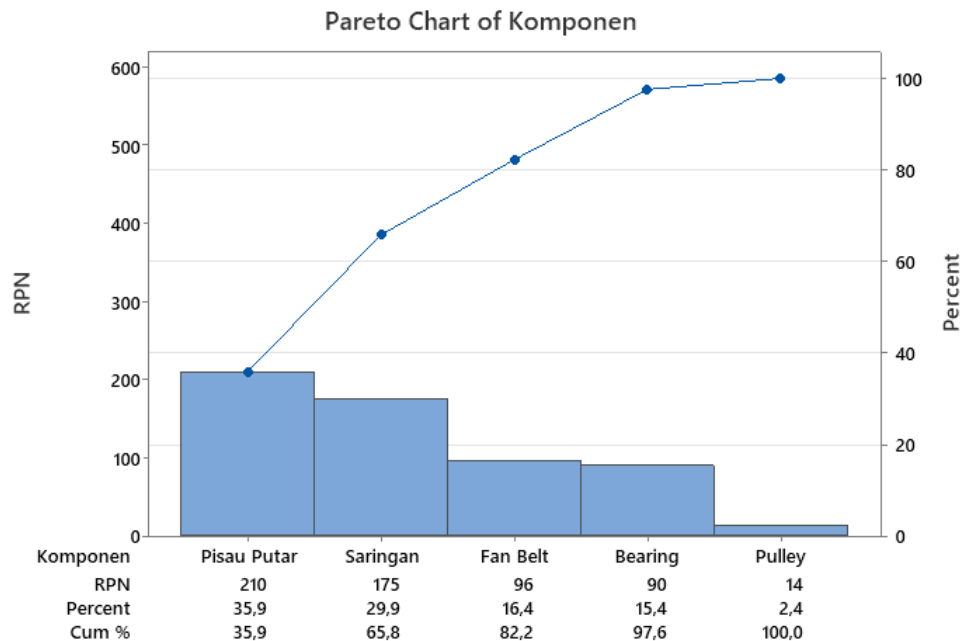
Hasil dari perhitungan nilai RPN menentukan tingkat prioritas penanganan dan program perawatan. Berikut adalah level prioritas komponen mesin pencacah sampah organik berdasarkan nilai RPN yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Status Tingkat Prioritas dan Program Perawatan Komponen Mesin

No.	Komponen	RPN	Peringkat	Prioritas	Program Perawatan
1	Pisau putar	210	1	Medium	Preventive Maintenance
2	Pulley	14	5	Low	Corrective Maintenance
3	Bearing	90	4	Medium	Corrective Maintenance
4	Fan Belt	96	3	Medium	Corrective Maintenance
5	Saringan	175	2	Medium	Corrective Maintenance

3. Analisis Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan untuk mendukung hasil perhitungan RPN dalam menentukan tingkat prioritas penanganan komponen kritis pada mesin pencacah sampah organik (Jena, 2024). Diagram Pareto dibuat menggunakan perangkat lunak statistik dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Pareto komponen mesin

Dalam mesin pencacah sampah organik, pisau putar memiliki nilai persentase tertinggi sebesar 35,9%, sedangkan saringan memiliki nilai persentase tertinggi sebesar 29,9%. Nilai persentase masing-masing komponen ditunjukkan pada diagram Pareto linear dengan hasil perhitungan skor RPN, yang menunjukkan bahwa pisau putar dan saringan memiliki nilai persentase tertinggi. Ini menunjukkan bahwa bagian saringan dan pisau putar memiliki pengaruh paling besar terhadap kegagalan mesin (Barry, 2024).

4. Perhitungan MTBF dan MTTR Komponen Kritis

Perhitungan MTBF pisau putar berdasarkan data kerusakan dan perbaikan pada Tabel 5. Sebelum melakukan perhitungan MTBF, perlu dilakukan perhitungan *Time to Failure* (TTF) berdasarkan awal terjadinya kegagalan hingga selesainya proses perbaikan atau *Time to Repair* (TTR). Berikut adalah hasil perhitungan TTF dari komponen pisau putar.

Tabel 7. Data *downtime* komponen

Data	Jumlah
Waktu Optimal Mesin	5880 jam
<i>Downtime</i> Pisau Putar	21 jam
<i>Downtime</i> Saringan	10,75 jam
Frekuensi Kerusakan Pisau Putar	7 kali

Dengan data *downtime* komponen yang ditunjukkan pada Tabel 5 kemudian data tersebut dimasukkan pada rumus MTBF dan MTTR.

$$MTBF = \frac{\sum T_{Uptime}}{n}$$

$$MTTR = \frac{\sum t}{n}$$

Sebagai contoh bentuk perhitungan nilai MTBF dan MTTR, maka berikut ini adalah perhitungan nilai MTBF dan MTTR pisau putar:

$$MTBF = \frac{\Sigma T_{Uptime}}{n} = \frac{5880}{7} = 840 \text{ jam}$$

$$MTTR = \frac{\Sigma t}{n} = \frac{21}{7} = 3 \text{ jam}$$

Sehingga dapat diketahui komponen pisau putar memiliki nilai MTBF adalah 840 jam dan MTTR 3 jam. Maka selanjutnya juga dilakukan menggunakan cara yang sama dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 8. Nilai MTBF dan MTTR komponen

Komponen	MTBF (Jam)	MTTR (Jam)
Pisau putar	840	3
Saringan	136,74	0,25

6. Menentukan Distribusi Keandalan Komponen

Data yang digunakan untuk menentukan distribusi data komponen pisau putar dan saringan adalah data *Time To Failure* (TTF) berdasarkan terjadinya kegagalan hingga selesai dilakukan perbaikan. Berikut adalah hasil perhitungan TTF dari komponen pisau putar yang ditunjukkan pada Tabel 9 dan saringan yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 9. Data Kerusakan Komponen Pisau Putar

Komponen	Kegagalan Ke-	TTF (hours)
Pisau Putar	1	0
	2	1043
	3	1449
	4	819
	5	763
	6	966
	7	1113
Jumlah		7196
Rata-rata		1028

Tabel 10. Data Kerusakan Komponen Saringan

Komponen	Kegagalan Ke-	TTF (hours)
Saringan	1	0
	2	105
	3	119
	4	210
	5	224
	6	112
	7	140
	8	196
	9	217
	10	231
	11	210
	12	105
	13	175
	14	175
	15	238
	16	91
	17	161
	18	210

19	168
20	217
21	119
22	182
23	140
24	252
25	245
26	175
27	63
28	161
29	259
30	63
31	168
32	231
33	252
34	112
35	238
36	98
37	189
38	252
39	189
40	175
41	154
42	126
43	203
Jumlah	7511
Rata-rata	174.67

Penentuan distribusi data TTF komponen pisau putar dan saringan berdasarkan hasil uji *goodness of fit* (GOF) di perangkat lunak statistik untuk mengetahui data yang ada sesuai dengan distribusi tertentu. Berikut adalah ranking hasil dari uji GOF.

Tabel 11. Peringkat uji distribusi GOF pisau putar

Distribusi	AvGOF	AvPlot	LKV	Peringkat
Eksponensial 1	92,9176431	22,2575578	-47,750632	5
Eksponensial 2	5,4575E-008	4,53764397	-39,86906	3
Normal	2,6846E-005	6,12491529	-41,242619	4
Lognormal	9,9997E-011	3,13247794	-40,344258	2
Weibull 2	0,00014473	5,33500424	-41,162861	4
Weibull 3	1,3515E-008	3,87918999	-40,819124	1

Dari data pada Tabel 11 bahwa distribusi Weibull 3 parameter berada di urutan pertama dalam peringkat distribusi. Oleh karena itu peneliti memilih distribusi Weibull 3 parameter sebagai distribusi yang digunakan untuk menentukan nilai keandalan komponen pisau putar.

Tabel 12. Peringkat uji distribusi GOF saringan

Distribusi	AvGOF	AvPlot	LKV	Peringkat
Eksponensial 1	99,9999995	25,8039117	-262,48524	6
Eksponensial 2	99,9914059	18,410604	-241,96938	5

Normal	1,62836232	2,88733123	-226,93404	3
Lognormal	0,73158756	2,52157987	-226,69909	4
Weibull 2	7,12711528	3,32768396	-227,26501	2
Weibull 3	50,5383735	5,46889704	-231,30198	1

Dari data pada Tabel 12 bahwa distribusi Weibull 3 parameter berada di urutan pertama dalam peringkat distribusi. Oleh karena itu peneliti memilih distribusi Weibull 3 parameter sebagai distribusi yang digunakan untuk menentukan nilai keandalan komponen saringan.

7. Menghitung Nilai Keandalan

- Pisau Putar

Berdasarkan hasil pengujian distribusi diketahui bahwa distribusi yang sesuai adalah Weibull 3 parameter dengan nilai parameter sebagai berikut:

Beta (β) : 1,1148

Eta (η) : 363,0580

Gamma (γ) : 708,6825

Dengan data distribusi dan parameter yang sudah ditentukan dengan bantuan perangkat lunak statistik, kemudian parameter tersebut dimasukkan kedalam rumus keandalan distribusi Weibull 3 parameter.

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Sebagai contoh perhitungan mencari nilai keandalan, berikut ini adalah perhitungan dengan interval waktu 720 jam:

$$R(720) = \exp \left[- \left(\frac{720-708,6825}{363,058} \right)^{1,1148} \right]$$

$$R(720) = \exp[-(0,3117)^{1,1148}]$$

$$R(720) = 0,9793$$

Sehingga dapat diketahui nilai keandalan pada pisau putar dengan interval waktu operasional 720 jam adalah 0,9793. Selanjutnya juga dilakukan perhitungan keandalan pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai keandalan komponen pisau putar

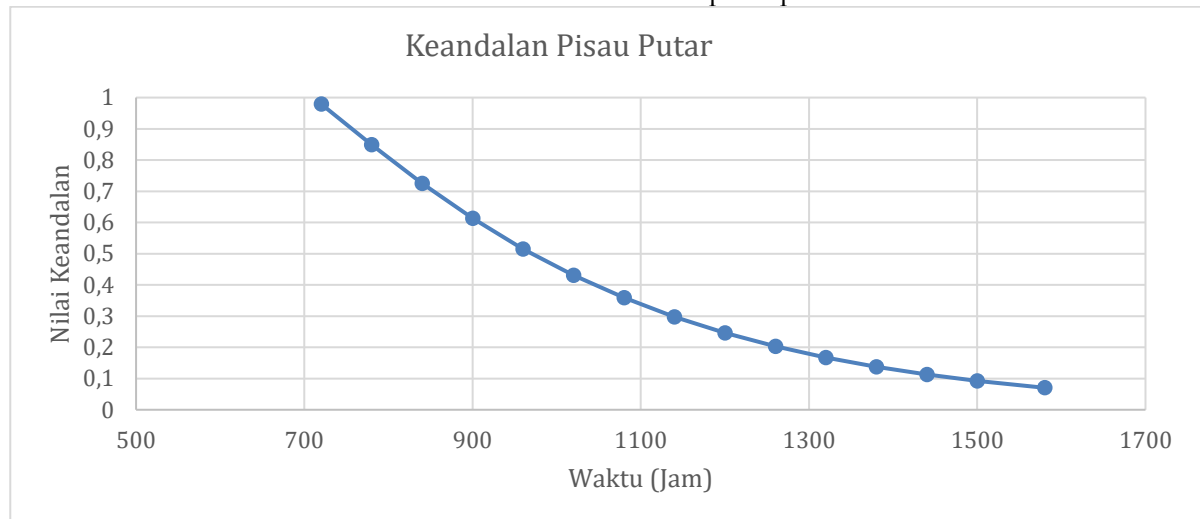
t (jam)	Keandalan
720	0,9793
780	0,8496
840	0,7248
900	0,6129
960	0,515
1020	0,4306
1080	0,3587
1140	0,2977
1200	0,2463
1260	0,2033
1320	0,1674
1380	0,1375
1440	0,1127
1500	0,0922

1580

0,0704

Pada Tabel 13 dapat disimpulkan bahwa keandalan pisau putar turun hingga dibawah 0,7 atau tepatnya 0,6129 ketika komponen sudah beroperasi selama 900 jam. Grafik nilai keandalan berdasarkan tabel tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 3. Grafik keandalan pisau putar



- **Saringan**

Berdasarkan hasil pengujian distribusi diketahui bahwa distribusi yang sesuai adalah Weibull 3 parameter dengan nilai parameter sebagai berikut:

Beta (β) : 1,1148

Eta (η) : 363,0580

Gamma (γ) : 708,6825

Dengan data distribusi dan parameter yang sudah ditentukan dengan bantuan perangkat lunak statistik, selanjutnya adalah menghitung nilai keandalan saringan yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 14.

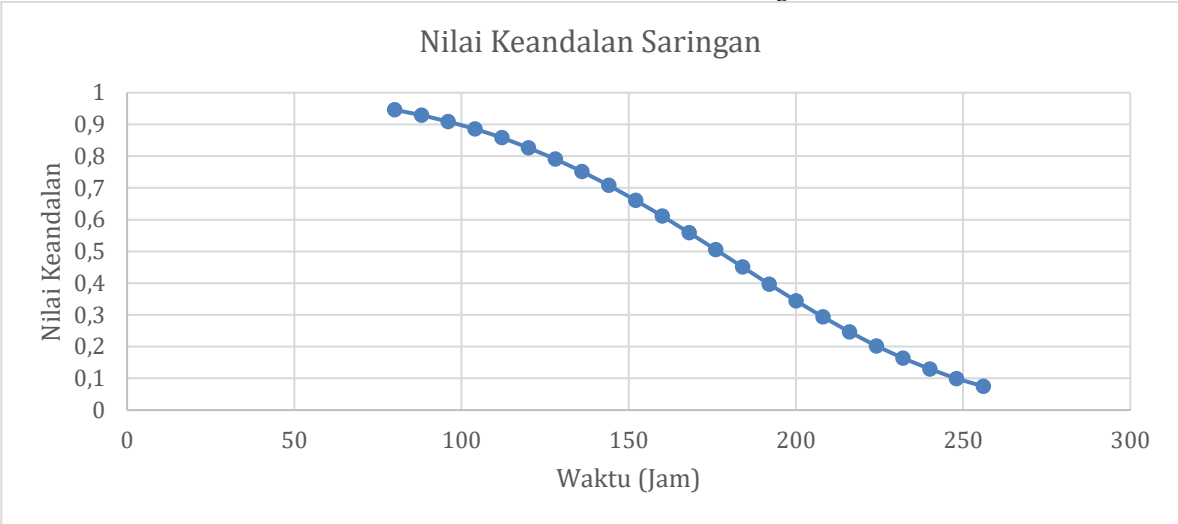
Tabel 14. Nilai keandalan komponen saringan

t (jam)	Keandalan
80	0,9462
88	0,9296
96	0,9096
112	0,8585
120	0,827
128	0,7914
136	0,7518
144	0,7083
152	0,6614
160	0,6116
168	0,5594
176	0,5056
184	0,4512
192	0,3971

200	0,3443
208	0,2937
216	0,2463
224	0,2026
232	0,1635
240	0,1291
248	0,0996
256	0,0751
264	0,0551

Pada Tabel 14 dapat disimpulkan bahwa keandalan pisau putar turun hingga dibawah 0,7 atau tepatnya 0,6614 ketika komponen sudah beroperasi selama 152 jam. Grafik nilai keandalan berdasarkan tabel tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 4. Grafik keandalan saringan



8. Interval Perawatan Mesin

Penentuan jadwal waktu perawatan didapatkan dari hasil perhitungan nilai keandalan masing-masing komponen kritis. Menurut (Kristinawati, 2001) ketika nilai keandalan telah berada pada angka 0,7 adalah waktu yang tepat untuk melakukan kegiatan perawatan agar mempertahankan keandalan mesin selalu pada kondisi yang baik.

Tabel 15. Interval perawatan komponen

Nama Komponen	Interval (jam) R(t) 70%
Pisau putar	852,6743
Saringan	145,4628

Tabel 15 menunjukkan tentang interval perawatan dengan nilai 70% atau 0,7. Dari tabel tersebut diketahui bahwa komponen pisau putar ketika keandalan mencapai 0,7, berarti komponen ini telah beroperasi selama 852,67 jam atau sekitar 5 bulan dan untuk komponen saringan ketika mencapai keandalan 0,7, komponen ini telah beroperasi selama 145,46 jam atau sekitar 20 hari. Sehingga dalam satu periode perawatan, komponen pisau putar perlu dirawat sekali dalam 5 bulan, dan untuk saringan perlu dibersihkan sekali dalam 20 hari.

Simpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan analisis serta pengolahan data maka penelitian yang telah dilakukan terdapat kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis melalui metode FMEA, didapatkan 2 komponen kritis yang ada pada mesin pencacah sampah organik yaitu pisau putar dan saringan. Dengan nilai skor RPN 180 untuk pisau putar dan 175 untuk saringan, diketahui bahwa 2 komponen tersebut memiliki persentase sebesar 32,4% untuk pisau putar dan 31,5% pada diagram Pareto.
2. Untuk mempertahankan dan meningkatkan nilai keandalan agar tetap baik, maka komponen harus dilakukan perawatan agar keandalan mesin pencacah sampah organik tetap terjaga. Ketika nilai keandalan pisau putar 0,7 yaitu pisau putar telah beroperasi selama 852,6743 jam kerja, perlu dilakukan pengasahan pada pisau. Kemudian untuk saringan, ketika nilai keandalan 0,7 yang mana saringan telah beroperasi selama 145,4628 jam kerja, perlu dilakukan pembersihan pada saringan untuk mengurangi risiko penyumbatan pada saringan dan menjaga performa mesin.

Daftar Pustaka

- Barry, D. M. (2024). Reliability by Design: Reliability-centered Maintenance. *Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*, 202–236. <https://doi.org/10.1201/b10361-15>
- Cahyati, S. (2024). Optimization of preventive maintenance on critical machines at the Sabiz 1 plant using Reliability-Centered Maintenance method. *Sinergi (Indonesia)*, 28(2), 355–368. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2024.2.015>
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction To Reliability and Maintainability Engineering* (3rd ed.). Waveland Press Inc.
- Introna, V. (2024). Strategic maintenance planning in the digital era: a hybrid approach merging Reliability-Centered Maintenance with digitalization opportunities. *Operations Management Research*. <https://doi.org/10.1007/s12063-024-00496-y>
- Islam, S. S. (2020). Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 8(1), 13–20. <https://doi.org/10.32487/jtt.v8i1.766>
- Jena, M. C. (2024). Integration of Industry 4.0 with reliability centered maintenance to enhance sustainable manufacturing. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 43(2). <https://doi.org/10.1002/ep.14321>
- Kristinawati, E. (2001). Penentuan Interval Perawatan Mesin Produksi Untuk Meningkatkan Availability Melalui Analisis Keandalan. *Optimumm*, 2(1), 36–46.
- Latino, M. A., Latino, R. J., & Latino, K. C. (2019). *Root Cause Analysis Improving Performance for Bottom-Line Result* (5th ed.). CRC Press.
- Linggi', R. A., & Pawarangan, I. (2018). *PENGARUH SAMPAH RUMAH TANGGA ORGANIK DAN NON ORGANIK TERHADAP LINGKUNGAN*.

- Liu, Y. (2024). Reliability-Centered Preventive Maintenance Optimization for a Single-Component Mechanical Equipment. *Symmetry*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/sym16010016>
- Luo, Y. (2024). Optimizing maintenance strategies for reciprocating compressors using Reliability-centered maintenance and On-line fault diagnosis system. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 13082. <https://doi.org/10.1117/12.3026849>
- Ninny Siregar, H., & Munthe, S. (2019). Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada PTPN II Pagar Merbau. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, 3(2), 87–94.
- Nugraha, N., Pratama, D. S., Sopian, S., & Roberto, N. (2020). Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(3), 169–178. <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i3.3428>
- Puthillath, B., & Sasikumar, R. (2015). *Selection of Maintenance Strategy Using Failure Mode Effect and Criticality Analysis*. December, 4–11.
- Rahmatullah, A., Budihardjo, & Wahyudi, D. (2022). Perencanaan Perawatan Mesin Serut Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di CV. Andri Mebel Serang. *Jurnal Juara*, 2(2), 2798–3315.
- Sunardi, O., & Iskandar, I. (2022). *Analisis Efektivitas Mesin dengan Total Productive Maintenance (Studi Kasus pada Proses Mixing)*. 4(2), 98–106.
- Torell, W., & Avelar, V. (2010). Mean Time Between Failure : Explanation and Standards. *Schneider Electric*, 1–10.
- Wu, X., & Wu, J. (2021). The Risk Priority Number Evaluation of FMEA Analysis Based on Random Uncertainty and Fuzzy Uncertainty. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8817667>
- Yang, F. (2024). Reliability centered condition-based maintenance of zinc oxide lightning arresters: concept, process and case study. *Frontiers in Energy Research*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1359849>
- Yang, X. (2024). Mission reliability-centered opportunistic maintenance approach for multistate manufacturing systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109693>