



REVISI SEMHAS CEK PLAGIASI

ID : 1d2e9b0a07f26d513465713a88c25a9ff7266143



11%

Suspicious texts

File name : REVISI SEMHAS CEK PLAGIASI.txt

Original file size : 440.01 KB

Number of words : 4,007

Number of characters : 30623

Submitter : UMSIDA Perpustakaan

Submission date : April 21, 2026

Upload type : interface

analysis end date : April 21, 2026

Summary (section 1/3)

Location of suspect texts in the document :



Included in the suspicious text score :

Similarities

<1%

Syntactics <1%

Semantics Not measured

Passages with similarities to sources found in different collections.



AI detection

5%

Texts with stylistically similar formulations to AI-generated text.

This rate is an indicator, not proof. Check with the author that he/she has mastered the knowledge mentioned in the document.



Unrecognized languages

7%

Passages in which some of the vocabulary used is not part of the language dictionary. This may be an attempt by the author to modify the text to make detection impossible.



Not included in the percentage of suspicious texts :

Texts between quotes

Passages between quotation marks, often revealing a quotation.

0%


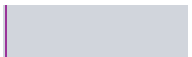


Similarities

<1%

Passages with similarities to sources found in different collections.

Source with incidental similarities

No.	Description	Similarities	Locations
1	 Artikel PSPI_Acopen_Submit #55f10c 📌 Comes from my group	<1%	



Optimization of Soybean Grinding Machine Maintenance System

in Tempe Production Using the Reliability Centered Maintenance

(RCM) Method to Improve Operational Efficiency

[Optimasi Sistem Perawatan Mesin Penggiling Kedelai Tempe

Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

Dalam Upaya Peningkatan Efisiensi Operasional]

Youngky Odies S1), Indah Apriliana Sari W2)

1)Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

2)Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi:indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. Tempe production MSMEs in Jambangan Village experience high machine downtime due to a corrective

maintenance system, with 33 failure incidents recorded. This study aims to analyze machine reliability and determine

the optimal preventive maintenance interval using the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. Historical

data were converted into Time to Failure (TTF) and analyzed using the Weibull distribution, along with MTTF and

hazard rate calculations. The results show that both machines are in the wear-out phase ($\beta > 1$), with Machine 2

having better reliability performance than Machine 1. By setting a minimum reliability limit of $R(t) \geq 0.80$, the optimal



intervals are 55.9 hours for Machine 1 and 75.3 hours for Machine 2. Implementation of these intervals increases

reliability from 0.514 to 0.80 (28.6%) and from 0.628 to 0.80 (17.2%), and theoretically reduces failure risk by up to

20%, improving operational stability.

Keywords - Reliability Centered Maintenance (RCM), Weibull Distribution, Preventive Maintenance, Reliability

Analysis, Root Cause Analysis

Abstrak. UMKM produksi tempe di Desa Jambangan mengalami downtime tinggi akibat sistem perawatan yang

masih bersifat corrective maintenance dengan 33 kejadian kerusakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis keandalan

mesin dan menentukan interval preventive maintenance optimal menggunakan metode Reliability Centered

Maintenance (RCM). Data diolah menjadi Time to Failure (TTF), dianalisis menggunakan distribusi Weibull, serta

dihitung MTTF dan hazard rate. Hasil menunjukkan kedua mesin berada pada fase wear-out ($\beta > 1$), dengan Mesin

2 lebih andal dibandingkan Mesin 1. Dengan batas reliabilitas minimum $R(t) \geq 0,80$, diperoleh interval optimal 55,9

jam (Mesin 1) dan 75,3 jam (Mesin 2). Penerapan interval ini meningkatkan reliabilitas dari 0,514 menjadi 0,80

(28,6%) dan dari 0,628 menjadi 0,80 (17,2%). Selain itu, secara teoritis mampu menurunkan potensi kegagalan hingga

20% serta meningkatkan stabilitas operasional mesin.

Kata Kunci – Reliability Centered Maintenance (RCM), Distribusi Weibull, Preventive Maintenance, Analisis

Reliabilitas, Root Cause Analysis

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

UMKM produksi tempe di Desa Jambangan, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo sangat bergantung pada mesin

penggiling kedelai sebagai mesin utama dalam proses produksi. Mesin ini beroperasi secara kontinyu dan berperan

sebagai tulang punggung proses produksi, sehingga tingkat keandalannya sangat menentukan kelancaran operasi serta

efektivitas output yang dihasilkan. Berdasarkan data kerusakan selama periode Januari–November 2025, tercatat total

33 kejadian kerusakan pada dua unit mesin penggiling kedelai, dengan Mesin 1 mengalami 19 kejadian dan Mesin 2

sebanyak 14 kejadian. Komponen yang paling sering mengalami gangguan meliputi motor penggerak, silinder giling,

pelat stainless, pulley, belt, kerangka mesin, hopper, dan feeder.

Pendekatan perawatan yang diterapkan saat ini masih bersifat reaktif atau corrective maintenance, yaitu perbaikan

dilakukan setelah kerusakan terjadi. Pola perawatan ini berpotensi meningkatkan biaya pemeliharaan, memperpendek

umur pakai mesin, serta menimbulkan gangguan terhadap jadwal produksi[1][2]. Secara teoritis, berbagai metode

perawatan dapat diterapkan untuk meningkatkan keandalan mesin, di antaranya Preventive Maintenance (PM), Total

Productive Maintenance (TPM), dan Condition-Based Maintenance (CBM). Namun demikian, penerapan TPM dan

CBM membutuhkan keterlibatan sumber daya manusia yang intensif serta dukungan teknologi pemantauan kondisi

yang relatif mahal, sehingga kurang sesuai diterapkan pada skala UMKM[3].



Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode Reliability Centered Maintenance (RCM) mampu

meningkatkan keandalan mesin dan menekan downtime secara signifikan. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa

<mailto:Youngkyodies25@gmail.com:indahapriliana@umsida.ac.id>



penerapan RCM dapat menentukan interval perawatan optimal pada komponen kritis sehingga kestabilan proses

produksi meningkat[4]. Penelitian lain menunjukkan peningkatan nilai keandalan subsistem mesin dari 43% menjadi

56% setelah penerapan RCM[3]. Selain itu penelitian lain juga membuktikan bahwa RCM mampu menurunkan biaya

pemeliharaan hingga 16,13% melalui penentuan interval penggantian komponen yang terukur[5]. Temuan tersebut

menunjukkan bahwa RCM lebih unggul dibandingkan metode perawatan konvensional dalam perencanaan

pemeliharaan yang sistematis dan berbasis risiko.

Pendekatan RCM berfokus pada pengungkapan fungsi utama sistem, identifikasi berbagai kemungkinan cara

kegagalan terjadi, serta penilaian terhadap dampak dan konsekuensi yang ditimbulkan. Berdasarkan hasil identifikasi

tersebut, langkah selanjutnya adalah menentukan strategi pemeliharaan yang optimal dan efisien dengan

mengutamakan tingkat risiko sebagai dasar penentuan prioritas. Namun, sebelum strategi RCM ditetapkan, analisis

reliabilitas mesin diperlukan sebagai landasan ilmiah untuk memprediksi probabilitas mesin dapat beroperasi tanpa

kegagalan dalam jangka waktu tertentu dengan menggunakan model distribusi probabilitas seperti Weibull,

Eksponensial, dan Normal[6][7]. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan pendekatan RCM yang diawali dengan

analisis distribusi kegagalan untuk menentukan model reliabilitas terbaik pada mesin penggiling kedelai, yang

selanjutnya digunakan sebagai dasar perancangan strategi perawatan preventif yang optimal bagi UMKM Produksi

Tempe di Desa Jambangan. dengan tujuan meningkatkan tingkat keandalan mesin, meminimalkan downtime, serta

menekan risiko kegagalan mendadak guna mendukung keberlanjutan dan efisiensi operasional usaha.



II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada UMKM produksi tempe yang berlokasi di Desa Jambangan, Kecamatan Candi,

Kabupaten Sidoarjo. Pelaksanaan penelitian berlangsung selama enam bulan, mulai dari Oktober 2025 hingga Maret

2026. Objek dari penelitian ini ialah dua unit mesin penggiling kedelai yang digunakan dalam proses produksi harian.

B. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder yang dimanfaatkan untuk

tahap pengolahan dan analisis data.

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi penelitian yang meliputi wawancara dan pencatatan

kondisi operasional mesin.

a. Wawancara: Wawancara dilakukan kepada pemilik UMKM dan operator mesin untuk memperoleh informasi

mengenai pola operasi mesin penggiling kedelai, jenis kerusakan yang sering terjadi, komponen kritis, durasi

perbaikan, serta sistem perawatan yang selama ini diterapkan.

b. Observasi Lapangan: Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi aktual mesin, proses produksi,

prosedur perawatan, serta kejadian kegagalan yang muncul selama periode penelitian. Hasil observasi

digunakan sebagai dasar dalam penyusunan data histori kerusakan dan analisis Reliability Centered

Maintenance[8].

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui dokumentasi internal UMKM dan studi literatur yang mencakup histori kerusakan

mesin, downtime, waktu antar kerusakan (Time to Failure/TTF), waktu perbaikan, frekuensi kegagalan, nilai

parameter distribusi (β dan η), serta catatan perawatan mesin. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis

reliabilitas, perhitungan hazard rate, Mean Time To Failure (MTTF), dan penentuan interval preventive

maintenance.

C. Analisis Reliabilitas

Analisis reliabilitas digunakan untuk menentukan pola kegagalan dan tingkat keandalan mesin penggiling kedelai

berdasarkan data histori downtime. Data waktu antar kegagalan dikonversi menjadi Time to Failure (TTF) yang

dihitung sebagai selisih waktu antara dua kejadian kegagalan berturut-turut. Data

TTF dianalisis menggunakan tiga

distribusi probabilitas, yaitu Weibull, eksponensial, dan normal. Pemilihan distribusi terbaik dilakukan berdasarkan

uji goodness-of-fit menggunakan statistik Anderson-Darling pada perangkat lunak Minitab.

1. Fungsi reliabilitas secara umum dinyatakan sebagai:

$$R(t) = P(T > t) \dots\dots\dots (1)$$

Sumber: [9][10].

2. Untuk distribusi Weibull, fungsi reliabilitas dinyatakan sebagai:

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\eta\right] \dots\dots\dots (2)$$

Sumber: [9][11].

Nilai Mean Time To Failure (MTTF) distribusi Weibull dihitung dengan:

$$MTTF = \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\eta}\right) \dots\dots\dots (3)$$

Sumber: [9][11].

Laju kegagalan (hazard rate) distribusi Weibull dirumuskan sebagai:



$$h(t) = \frac{\eta}{\beta}$$

$$\left(\frac{\eta}{t} \right)^{\beta-1}$$

$$t$$

$$\left(\frac{\eta}{t} \right)^{\beta-1}$$

$$\frac{\beta-1}{t} \dots \dots \dots (4)$$

Sumber:[11][12].

3. Untuk distribusi Eksponensial, fungsi reliabilitas dinyatakan sebagai:



$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$\dots \dots \dots (5)$$

Sumber:[13][14].

Dengan nilai Mean Time To Failure:



$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

$$1$$

$$\lambda$$

$$-$$

$$\dots \dots \dots (6)$$

Sumber:[13][14].

Laju kegagalan distribusi Eksponensial dinyatakan sebagai:



$$h(t) = \lambda$$

$$\dots \dots \dots (7)$$

Sumber:[12][15].

4. Untuk distribusi Normal, fungsi reliabilitas dinyatakan sebagai:



$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right)$$

t-μ

σ

).....

(8)

Sumber:[16][17].

Dengan nilai Mean Time To Failure:

MTTF=μ.....

.....(9)

Sumber:[16][17].

Laju kegagalan distribusi Normal dinyatakan sebagai:

h(t) =

f(t)

1 - Φ(

t-μ

σ

)

.....

(10)

Sumber:[16][17].

D. Root Cause Analysis (RCA)

Root Cause Analysis (RCA) digunakan dalam penelitian ini untuk menelusuri penyebab mendasar dari kegagalan

dominan pada mesin penggiling kedelai yang telah diidentifikasi melalui data histori downtime dan hasil analisis

reliabilitas. RCA berperan sebagai tahap pendukung dalam metode Reliability Centered Maintenance untuk

memastikan bahwa tindakan perawatan yang dirancang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi mampu mengatasi sumber

utama terjadinya kegagalan. Pendekatan 5 Whys diterapkan untuk menguraikan



hubungan sebab akibat dari setiap

failure mode hingga diperoleh akar permasalahan teknis maupun operasional. Hasil RCA dimanfaatkan sebagai dasar

dalam penentuan jenis tindakan korektif dan preventif, penyesuaian prosedur operasi dan perawatan, serta

perancangan interval perawatan yang lebih efektif guna menurunkan frekuensi downtime mesin.

E. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) digunakan dalam penelitian ini sebagai kerangka sistematis untuk

menentukan strategi perawatan mesin penggiling kedelai berdasarkan hasil analisis reliabilitas dan Root Cause

Analysis. Metode ini membantu memilih jenis tindakan perawatan yang paling tepat agar frekuensi kegagalan dan

downtime dapat dikurangi[10]. Tahapan RCM meliputi identifikasi fungsi mesin, penentuan kegagalan fungsional,

identifikasi failure mode, analisis penyebab kegagalan menggunakan RCA, analisis konsekuensi kegagalan, serta

pemilihan kebijakan perawatan yang sesuai, seperti perawatan berbasis waktu, berbasis kondisi, atau perancangan

ulang bila diperlukan.

F. Penentuan Interval Perawatan Preventif

Penentuan interval perawatan preventif dilakukan berdasarkan fungsi reliabilitas dengan menetapkan batas

minimum tingkat keandalan yang diinginkan R. Nilai R merepresentasikan tingkat keandalan minimum mesin

sebelum dilakukan tindakan perawatan guna mencegah terjadinya kegagalan selama operasi. Model distribusi

kegagalan yang digunakan dalam perhitungan interval perawatan ditentukan

terlebih dahulu melalui uji goodness-of-

fit menggunakan Minitab. Hanya distribusi dengan tingkat kecocokan terbaik yang digunakan untuk menghitung

waktu perawatan preventif optimal t_p .

1. Untuk distribusi Weibull, interval perawatan dihitung dengan:

$$t_p = \eta [-\ln(R)]^{1/\beta} \quad (11)$$

Sumber: [18][19].

dengan:

η = parameter skala,

β = parameter bentuk.

2. Untuk distribusi eksponensial, interval perawatan dihitung dengan:

$$t_p = -\frac{\ln(R)}{\lambda} \quad (12)$$

Sumber: [18][19].

dengan:

λ = laju kegagalan.

3. Untuk distribusi normal, interval perawatan diperoleh dari fungsi distribusi kumulatif, sehingga nilai t_p ditentukan



dengan:

$$t_p = \mu + zR$$

$$\sigma \dots\dots\dots$$

$$\dots\dots(13)$$

Sumber:[18][20].

dengan:

μ = nilai rata-rata waktu kegagalan

σ = simpangan baku

zR = nilai baku distribusi normal yang sesuai dengan tingkat keandalan R .

Nilai t_p yang diperoleh dari distribusi terpilih setelah melalui uji goodness-of-fit diterapkan sebagai landasan untuk

merancang jadwal inspeksi periodik, pelumasan teratur, serta penggantian komponen utama pada mesin penggiling

kedelai dalam kerangka strategi perawatan preventif yang diajukan.

Alur Penelitian

Berikut ini akan disajikan tahapan atau alur penelitian dalam pelaksanaan penelitian yang dapat dilihat pada

Gambar 1. di bawah ini.

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dari Gambar 1 di atas, dapat diketahui bahwa penelitian ini diawali dengan studi literatur terkait konsep

keandalan mesin dan Reliability Centered Maintenance serta dilakukan observasi langsung terhadap kondisi

operasional mesin penggiling kedelai di UMKM. Selanjutnya dilakukan perumusan permasalahan utama yang

menjadi fokus penelitian dan penetapan tujuan penelitian secara jelas dan terukur. Pengumpulan data dilakukan

melalui wawancara dengan operator serta pencatatan histori downtime dan kerusakan mesin. Data tersebut kemudian

diolah menjadi Time to Failure (TTF) dan dianalisis menggunakan uji distribusi kegagalan untuk menentukan model

probabilitas terbaik. Tahap berikutnya adalah perhitungan parameter reliabilitas dan penentuan interval perawatan

preventif berdasarkan distribusi terpilih. Selanjutnya dilakukan penerapan Root Cause Analysis untuk

mengidentifikasi penyebab utama kegagalan dominan, yang kemudian digunakan dalam tahapan Reliability Centered

Maintenance untuk mengevaluasi fungsi sistem, kegagalan fungsional, failure mode, serta konsekuensi kegagalan.

Berdasarkan hasil tersebut disusun strategi perawatan preventif yang paling sesuai. Tahap akhir penelitian adalah

penarikan kesimpulan dan penyusunan rekomendasi perbaikan sistem perawatan mesin.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Time To Failure (TTF)

Data Time to Failure (TTF) diperoleh dari histori downtime dua unit mesin penggiling kedelai selama periode

pengamatan. Data ini merepresentasikan selang waktu operasi mesin sejak perbaikan terakhir hingga terjadinya

kegagalan berikutnya. Jumlah data yang dianalisis disajikan pada Tabel 1. Tabel 1. Jumlah Data Time to Failure

Mesin Jumlah Data (N)

Mesin 1 19

Mesin 2 14

Berdasarkan Tabel 1. Data TTF ini digunakan sebagai dasar dalam analisis statistik, pengujian distribusi

kegagalan, perhitungan reliabilitas, penentuan interval preventive maintenance, serta penyusunan strategi Reliability

Centered Maintenance. Setelah diketahui jumlah data kerusakan pada masing-masing mesin, langkah selanjutnya

adalah menyajikan data kejadian kerusakan secara detail dalam bentuk Time To Failure (TTF). Data ini

menggambarkan selang waktu antar kerusakan yang menjadi dasar dalam analisis reliabilitas. Adapun data lengkap

TTF dapat dilihat pada Tabel 2. Dan Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Data Time To Failure (TTF) Mesin 1

No Bulan TTF Mesin 1 (jam)

1 Jan 208

2 Feb 208

3 Mar 104

4 Mar 104

5 Apr 104

6 Apr 104

7 Mei 208

8 Jun 208

9 Jul 52

10 Jul 52

11 Jul 52

12 Jul 52

13 Agt 208

14 Okt 104

15 Okt 104

16 Nov 52

17 Nov 52

18 Nov 52

19 Nov 52

Tabel 3. Data Time To Failure (TTF) Mesin 2

No Bulan TTF Mesin 2 (jam)

1 Feb 104

2 Feb 104

3 Apr 104

4 Apr 104

5 Mei 208

6 Jul 104

7 Jul 104

8 Agt 104

9 Agt 104

10 Sep 69,33

11 Sep 69,33

12 Sep 69,33

13 Okt 208

14 Nov 208

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, terlihat bahwa interval waktu antar kerusakan (Time To Failure) pada kedua

mesin memiliki nilai yang bervariasi. Variasi ini menunjukkan bahwa pola kegagalan tidak konstan dan perlu

dianalisis lebih lanjut menggunakan metode statistik. Data TTF tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam

perhitungan statistik deskriptif, pengujian distribusi, serta analisis reliabilitas.

B. Uji Distribusi Kegagalan Menggunakan Minitab

Penentuan distribusi terbaik dilakukan menggunakan fasilitas Distribution Analysis pada perangkat lunak

Minitab dengan pendekatan goodness-of-fit Anderson-Darling terhadap tiga kandidat distribusi, yaitu Weibull,

Eksponensial, dan Normal. Nilai Anderson-Darling (adjusted) yang diperoleh dari Minitab disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Statistik Deskriptif Data TTF

Mesin Weibull Eksponensial Normal

M1 1,683 2,380 1,932

M2 1,769 3,112 1,958

Berdasarkan hasil uji goodness-of-fit menggunakan perangkat lunak Minitab dengan metode Anderson-

Darling, distribusi Weibull terpilih sebagai model terbaik untuk kedua mesin karena

memiliki nilai AD paling kecil,

yaitu sebesar 1,683 pada Mesin 1 dan 1,769 pada Mesin 2. Oleh karena itu, distribusi Weibull digunakan dalam

perhitungan fungsi reliabilitas $R(t)$, estimasi parameter keandalan, serta penentuan interval preventive maintenance

pada kedua mesin.

C. Statistik Deskriptif Data TTF (Minitab)

Tahap awal analisis data dilakukan dengan bantuan software Minitab guna menentukan parameter statistik

deskriptif, yang mencakup nilai rata-rata (μ), standar deviasi (σ), median, nilai terkecil dan terbesar, serta ukuran

kemencengan (skewness) dan keruncingan (kurtosis). Ringkasan hasil perhitungan melalui Minitab tersebut dapat

dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Anderson-Darling

Mesin Mean μ (jam) StDev σ (jam) Median Min Max Skewness Kurtosis

M1 109,474 64,6111 104 52 208 0,751017 -1,08633

M2 118,856 50,3557 104 69,33 208 1,21907 0,115746

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa Mesin 2 memiliki tingkat keandalan lebih baik daripada

Mesin 1 karena memiliki nilai rata-rata TTF yang lebih tinggi dan variasi kegagalan yang lebih kecil.

D. Analisis Reliabilitas

Berdasarkan hasil uji goodness-of-fit menggunakan perangkat lunak Minitab, distribusi Weibull 2-Parameter

terpilih sebagai model terbaik untuk kedua mesin. Parameter yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 6. Nilai Parameter Shape (β) dan Scale (η) Distribusi Weibull

Mesin Shape (β) Scale (η) (jam)

M1 1,87827 124,29834

M2 2,59595 134,29212

fungsi reliabilitas distribusi Weibull dinyatakan sebagai:

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

η
)]

Sumber: [9][11].

Perhitungan reliabilitas pada waktu operasi 100 jam dilakukan sebagai berikut:

Mesin 1:

$$R_1(100) = \exp\left[-\left(\frac{100}{124,29834}\right)^{1,87827}\right]$$

$$R_1(100) = 0,514$$

$$R_1(100) = 0,514$$

Mesin 2:

$$R_2(100) = \exp\left[-\left(\frac{100}{134,29212}\right)^{2,59595}\right]$$

$$R_2(100) = 0,628$$

$$R_2(100) = 0,628$$

Nilai 100 jam dipilih sebagai waktu evaluasi reliabilitas karena merepresentasikan horizon operasi sebelum

mencapai umur karakteristik (η) serta digunakan sebagai titik pembandingan kinerja kedua mesin pada interval operasi

yang sama dan hasil menunjukkan bahwa probabilitas Mesin 2 tetap beroperasi hingga 100 jam lebih tinggi

dibandingkan Mesin 1. Untuk memberikan gambaran visual mengenai pola penurunan keandalan mesin terhadap

waktu operasi, kurva fungsi reliabilitas distribusi Weibull untuk kedua mesin ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kurva Fungsi Reliabilitas Weibull Antara Mesin 1 dan Mesin 2

Gambar 2 memperlihatkan kurva keandalan Weibull untuk Mesin 1 dan Mesin 2. Nilai reliabilitas keduanya

mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu operasi. Namun, kurva Mesin 2 tampak lebih landai dibandingkan

Mesin 1, yang menunjukkan bahwa pada waktu yang sama Mesin 2 memiliki probabilitas bertahan yang lebih besar.

Kondisi ini sejalan dengan nilai parameter $\beta > 1$ yang menandakan mesin berada pada tahap keausan (wear-out), di

mana kemungkinan terjadinya kegagalan meningkat akibat penurunan kondisi komponen.

E. Laju Kegagalan (Hazard Rate)

Laju kegagalan (hazard rate) digunakan untuk mengetahui tingkat risiko kegagalan mesin pada waktu operasi

tertentu. Pada distribusi Weibull 2-parameter, fungsi laju kegagalan dinyatakan sebagai:

$$h(t) = \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta - 1} \frac{\beta}{\eta}$$

$$\left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta - 1} \frac{\beta}{\eta}$$

$$t$$



$$\eta$$
$$) \beta^{-1}$$

Sumber:[11][12].

dengan β yang menyatakan parameter bentuk (shape), η sebagai parameter skala (scale), serta t sebagai durasi operasi

(jam).

Perhitungan dilakukan pada $t = 100$ jam sebagai titik penilaian performa kedua mesin.

Perhitungan Mesin 1 (M1)

Diketahui:

$$\beta_1 = 1,87827$$

$$\eta_1 = 124,29834$$

$$t = 100 \text{ Jam}$$

Langkah perhitungan:

$$\beta$$

$$\eta$$

$$=$$

$$1,87827$$

$$124,29834$$

$$= 0,01511$$

$$($$

$$t$$

$$\eta$$

$$) \beta^{-1} = ($$

$$100$$

$$124,29834$$

$$) 0,87827 = (0,8045) 0,87827 = 0,8261$$

$$h_1(100) = 0,01511 \times 0,8261$$

$h_1(100)=0,0125$

0

0,2

0,4

0,6

0,8

1

1,2

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

R
el

ia
b

il
it

as
R

(t
)

Waktu Operasi (jam)

Gambar 2. Fungsi Reliabilitas Weibull

Mesin 1 Mesin 2

Perhitungan Mesin 2 (M2)

Diketahui:

$$\beta = 2,59595$$

$$\eta = 134,29212$$

$$t = 100 \text{ Jam}$$

Langkah perhitungan:

$$\beta$$

$$\eta$$

$$=$$

$$2,59595$$

$$134,29212$$

$$= 0,01933$$

$$($$

$$t$$

$$\eta$$

$$)^{\beta-1} = ($$

$$100$$

$$134,29212$$

$$)^{1,59595} = (0,7446)^{1,59595} = 0,6247$$

$$h_2(100) = 0,01933 \times 0,6247$$

$$h_2(100) = 0,0121$$

Hasil perhitungan pada $t = 100$ jam dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Hasil Perhitungan Laju Kegagalan pada 100 Jam Operasi.

Mesin $h(100)$

M1 0,0151

M2 0,0124

Nilai $h(100)$ pada Tabel 6 menunjukkan laju kegagalan mesin pada waktu operasi

100 jam, yaitu sebesar

$0,0151 \text{ jam}^{-1}$ untuk Mesin 1 dan $0,0124 \text{ jam}^{-1}$ untuk Mesin 2. Satuan jam^{-1} menyatakan bahwa nilai laju kegagalan

tersebut merepresentasikan peluang kegagalan mesin per satuan waktu operasi (per jam) dengan asumsi mesin masih

beroperasi hingga waktu tersebut. Dengan demikian, Mesin 1 memiliki peluang kegagalan sebesar 1,51% per jam,

sedangkan Mesin 2 sebesar 1,24% per jam pada waktu operasi 100 jam, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3

berikut:

Gambar 3. Kurva Hazard Rate Weibull Mesin 1 dan Mesin 2

Gambar 3 menunjukkan bahwa laju kegagalan meningkat secara progresif terhadap waktu operasi. Hal ini

mengindikasikan bahwa mesin berada pada fase wear-out, di mana risiko kegagalannya semakin besar pada jam operasi

tinggi. Mesin 2 memperlihatkan kenaikan hazard rate yang lebih tajam dibandingkan Mesin 1 pada periode akhir

operasi.

F. Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure (MTTF) merupakan nilai rata-rata waktu hingga terjadinya kegagalan pada suatu

komponen atau sistem. Pada distribusi Weibull 2-parameter, MTTF dihitung menggunakan rumus:

$$\text{MTTF} = \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

1

)

Sumber:[9][11].

dengan:

η = parameter skala (scale)

-0,005

0

0,005

0,01

0,015

0,02

0,025

0,03

0,035

0,04

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

H

az

ar

d

R

at

e

h

(t

)

Waktu Operasi (jam)

Gambar 3. Fungsi Hazard Rate Weibull

Mesin 1 Mesin 2

β = parameter bentuk (shape)

Γ = fungsi Gamma

Perhitungan Mesin 1 (M1)

Diketahui

$$\beta_1 = 1,87827$$

$$\eta_1 = 124,29834$$

Langkah 1: Hitung 1+

$$\frac{1}{\beta_1}$$

-

$$\frac{1}{\eta_1}$$

$$\frac{1}{\beta_1}$$

$$\frac{1,87827}{124,29834}$$

$$= 1 + 0,5324$$

$$= 1,5324$$

Langkah 2: Nilai Fungsi Gamma

$$\Gamma(1,5324) = 0,8877$$

Langkah 3: Hitung MTTF

$$MTTF_1 = 124,29834 \times 0,8877$$

$$MTTF_1 = 110,34 \text{ jam}$$

Perhitungan Mesin 2 (M2)

Diketahui

$$\beta_2 = 2,59595$$

$$\eta_2 = 134,29212$$

Langkah 1: Hitung $1 +$

$$\frac{1}{\beta_2}$$

—

$$\frac{1}{\beta_2}$$

$$\frac{1}{\beta_2}$$

$$\frac{1}{\beta_2} = 0,3852$$

$$= 1 + 0,3852$$

$$= 1,3852$$

Langkah 2: Nilai Fungsi Gamma

$$\Gamma(1,3852) = 0,8882$$

Langkah 3: Hitung MTTF

$$MTTF_2 = 134,29212 \times 0,8882$$

$$MTTF_2 = 119,27 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan Mean Time To Failure Distribusi Weibull

Mesin MTTF (jam)

M1 110,34

M2 119,27

Hasil menunjukkan bahwa Mesin 2 memiliki rata-rata waktu kegagalan lebih lama dibandingkan Mesin 1.

Karena nilai β pada kedua mesin lebih dari 1 (menunjukkan tahap wear-out), MTTF merepresentasikan rata-rata masa

operasi sebelum probabilitas kerusakan meningkat akibat keausan komponen.

Besaran ini dapat dimanfaatkan sebagai

acuan dalam menetapkan jadwal preventive maintenance yang optimal.

G. Root Cause Analysis (RCA)

Analisis akar penyebab kegagalan dilakukan menggunakan metode 5 Whys berdasarkan data historis kerusakan

dan observasi operasional, untuk hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 berikut:

Tabel 8. Hasil Analisis RCA Mesin 1

Tahapan Analisis Uraian

Masalah Downtime tinggi pada sistem transmisi

Why 1 Komponen transmisi mengalami keausan

Why 2 Pelumasan tidak optimal

Why 3 Jadwal pelumasan tidak terstandarisasi

Why 4 Belum ada preventive maintenance berbasis reliabilitas

Akar Penyebab Tidak adanya sistem perawatan berbasis data keandalan

Tabel 9. Hasil Analisis RCA Mesin 2

Tahapan Analisis Uraian

]Masalah Gangguan bearing dan misalignment poros

Why 1 Terjadi getaran berlebih

Why 2 Poros tidak sejajar (misalignment)

Why 3 Inspeksi alignment tidak dilakukan berkala

Why 4 Tidak ada interval perawatan terstandar

Akar Penyebab Kurangnya prosedur inspeksi dan alignment berkala

Berdasarkan analisis 5 Whys, akar masalah kedua mesin terletak pada sistem perawatan yang belum

terstandarisasi dan tidak berbasis data keandalan. Mesin 1 mengalami downtime tinggi akibat keausan komponen

karena pelumasan tidak terjadwal, sedangkan Mesin 2 mengalami gangguan bearing dan misalignment karena tidak

adanya inspeksi serta alignment berkala. Kegagalan umumnya dipicu oleh kelemahan manajemen perawatan, sehingga

diperlukan penerapan preventive maintenance berbasis reliabilitas dengan standar inspeksi dan pelumasan terjadwal

untuk mengurangi downtime.

H. Penentuan Interval Preventive Maintenance

Karena kedua mesin berada pada fase wear-out ($\beta > 1$), maka strategi yang sesuai adalah preventive

maintenance berbasis interval waktu. Interval ditentukan pada tingkat reliabilitas 80% ($R(t)=0,80$) menggunakan

rumus:

$$t = \eta(-\ln 0,80)^{1/\beta}$$

Diketahui:

$$-\ln(0,80) = 0,2231$$

Perhitungan Mesin 1 (M1)

Diketahui

$$\beta_1 = 1,87827$$

$$\eta_1 = 124,29834$$

Langkah 1: Hitung pangkat $1/\beta$

1

$$1,87827 \\ = 0,5324$$

Langkah 2: Hitung nilai dalam kurung

$$(0,2231)^{0,5324} = 0,450$$

Langkah 3: Hitung interval

$$t_1 = 124,29834 \times 0,450$$

$$t_1 = 55,9 \text{ jam}$$

Konversi ke hari (8 jam/hari)

$$55,9/8 = 6,9 \text{ hari atau dibulatkan menjadi 7 hari}$$

Perhitungan Mesin 2 (M2)

Diketahui

$$\beta_2 = 2,59595$$

$$\eta_2 = 134,29212$$

Langkah 1: Hitung pangkat $1/\beta$

1

$$2,59595 \\ = 0,3852$$

Langkah 2: Hitung nilai dalam kurung

$$(0,2231)^{0,3852} = 0,561$$

Langkah 3: Hitung interval

$$t_2 = 134,29212 \times 0,561$$

$$t_2 = 75,3 \text{ jam}$$

Konversi ke hari (8 jam/hari)

$$75,3/8 = 9,4 \text{ hari atau dibulatkan menjadi 9 hari}$$

Hasil perhitungan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Hasil Perhitungan Penentuan Interval Preventive Maintenance

Mesin Interval (jam) Konversi (8 jam/hari) Rekomendasi Interval

M1 55,9 6,9 hari 7 hari

M2 75,3 9,4 hari 9 hari

Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk menjaga reliabilitas minimal $\geq 80\%$ ($R(t) \geq 0,80$), preventive

maintenance perlu dilakukan sebelum 55,9 jam pada Mesin 1 dan 75,3 jam pada Mesin 2 yang setara dengan jadwal

setiap 7 hari dan 9 hari (asumsi 8 jam/hari), di mana penerapan interval ini terbukti mampu mempertahankan

keandalan di atas batas minimum, ditunjukkan oleh perbandingan kurva before PM yang turun di bawah 80% dan

after PM yang meningkat secara periodik, sekaligus meningkatkan kinerja reliabilitas sebesar 28,6% pada Mesin 1

dan 17,2% pada Mesin 2, yang diperoleh dari perbandingan nilai reliabilitas sebelum penerapan preventive

maintenance (before PM) dengan nilai reliabilitas setelah penerapan preventive maintenance (after PM) yang telah

mencapai batas standar 0,80, sehingga menunjukkan adanya peningkatan signifikan dari kondisi awal menuju kondisi

yang lebih andal, sehingga metode Reliability Centered Maintenance (RCM) terbukti efektif dalam menentukan

interval perawatan optimal, mengurangi risiko kerusakan mendadak, dan menekan downtime produksi, dapat dilihat

pada Gambar 4.

Gambar 4. Penentuan Interval Preventive Maintenance pada $R(t) = 0,80$.

I. Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar UMKM menerapkan preventive maintenance berbasis reliabilitas

secara konsisten dengan interval 55,9 jam (7 hari) untuk Mesin 1 dan 75,3 jam (9 hari) untuk Mesin 2 guna menjaga

tingkat keandalan tetap $\geq 80\%$ dan mencegah peningkatan risiko kegagalan akibat fase wear-out. Selain itu, perlu

disusun Standar Operasional Prosedur (SOP) perawatan yang terstandarisasi yang mencakup jadwal pelumasan rutin,

inspeksi berkala pada komponen kritis, serta pengecekan alignment untuk mencegah keausan dan misalignment yang

menjadi penyebab utama kerusakan. Pencatatan histori perawatan dan kerusakan juga perlu dilakukan secara berkala

sebagai dasar evaluasi dan pengambilan keputusan berbasis data. Dengan penerapan langkah tersebut, diharapkan

downtime dapat ditekan, risiko kerusakan mendadak berkurang, serta efisiensi dan stabilitas operasional mesin dapat

meningkat.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem perawatan corrective maintenance yang diterapkan sebelumnya belum

mampu menjaga keandalan mesin secara optimal, karena kedua mesin berada pada fase wear-out ($\beta > 1$) dengan risiko

kegagalan yang meningkat. Dengan menetapkan standar reliabilitas minimum $R(t) \geq 0,80$, diperoleh interval

preventive maintenance optimal sebesar 55,9 jam (7 hari) untuk Mesin 1 dan 75,3 jam (9 hari) untuk Mesin 2, yang

terbukti meningkatkan reliabilitas masing-masing sebesar 28,6% dan 17,2% serta menurunkan potensi kegagalan

hingga 20%. Oleh karena itu, disarankan agar UMKM menerapkan jadwal preventive maintenance secara konsisten,

menyusun SOP perawatan yang terstandarisasi, serta melakukan pencatatan data perawatan secara berkala guna

mendukung peningkatan keandalan dan efisiensi operasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan UMKM Produksi Tempe

sebagai tempat pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

$R(t) = 0,80$

0

0,2

0,4

0,6

0,8

1

1,2

0 50 100 150 200 250

Gambar 4. Reliabilitas dengan Batas $R(t) = 0,80$

Mesin 1 – Before Mesin 2 – Before

Mesin 1 – After PM (55,9 jam) Mesin 2 – After PM (75,3 jam)

$R = 0,80$