

Optimasi Sistem Perawatan Mesin Penggiling Kedelai Tempe Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam Upaya Peningkatan Efisiensi Operasional

Oleh: Youngky Odies S
(221020700014)

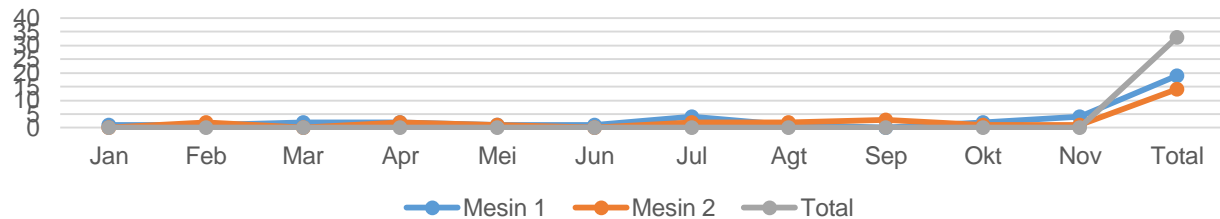
Dosen Pembimbing: Indah Apriliana Sari W, ST., MT.

Dosen Penguji 1: Ir. Tedjo Sukmono, ST., MT.

Dosen Penguji 2: Dr. Wiwik Sulistiyowati, ST., MT.

Latar Belakang

JUMLAH KERUSAKAN MESIN
BERDASARKAN JENIS MESIN SELAMA
PERIODE JANUARI-NOVEMBER 2025



a). Kondisi umum

Terdapat 2 Mesin penggiling kedelai yang beroperasi setiap hari.

b). Permasalahan

Terjadi 33 kali kerusakan selama periode Januari–November 2025, yang menyebabkan *downtime* dan penurunan efisiensi produksi.

c). Urgensi Penelitian

Sistem perawatan masih bersifat *corrective maintenance* sehingga diperlukan strategi perawatan yang lebih terencana

Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian



Rumusan Masalah:

Bagaimana menentukan strategi perawatan yang tepat untuk meningkatkan keandalan mesin dan meminimalkan gangguan produksi dengan metode RCM?

Rumusan Masalah:

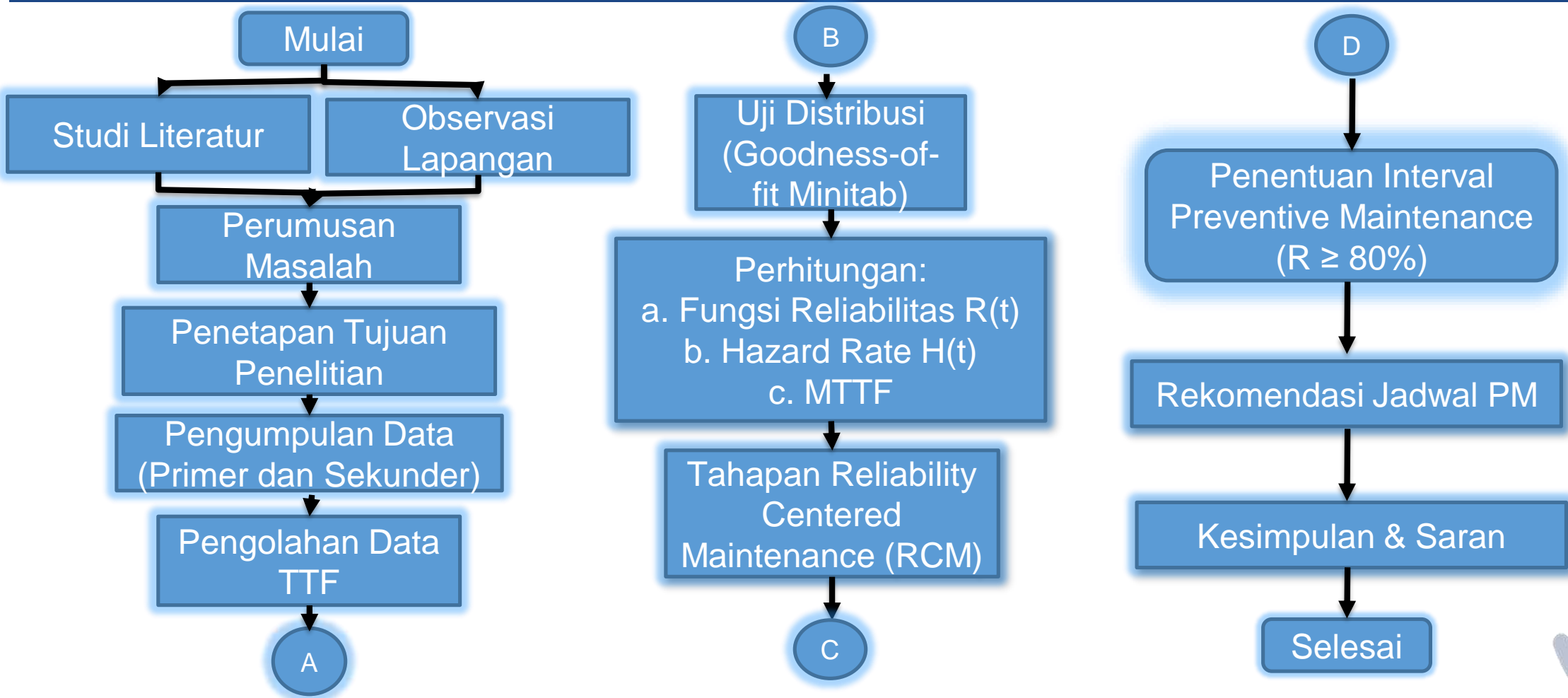
Tujuan Penelitian:

Tujuan Penelitian:

1. Menentukan nilai reliabilitas mesin penggiling kedelai
2. Menyusun strategi perawatan optimal berbasis RCM
3. Meningkatkan efisiensi operasional mesin



Metodologi



Data Histori Kerusakan

Tabel 1. Jumlah Data *Time to Failure*

Mesin	Jumlah Data (N)
Mesin 1	19
Mesin 2	14

Jumlah data TTF yang dianalisis adalah 19 untuk Mesin 1 dan 14 untuk Mesin 2, yang merepresentasikan total kejadian kerusakan. Setiap kerusakan menghasilkan satu nilai TTF, dan data tersebut digunakan dalam uji *goodness-of-fit* untuk menentukan distribusi kegagalan yang paling sesuai.

Data Statistik Deskriptif Data TTF (Minitab)

Tabel 2. Statistik Deskriptif Data TTF

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.

Hasil Uji Distribusi (Minitab)

Tabel 3. Nilai *Anderson-Darling*

Mesin	<i>Weibull</i>	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.

- Mesin 1 = 1,683
- Mesin 2 = 1,769

Analisis Reliabilitas

Tabel 4. 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:

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

Perhitungan reliabilitas pada waktu operasi 100 jam dilakukan sebagai berikut:

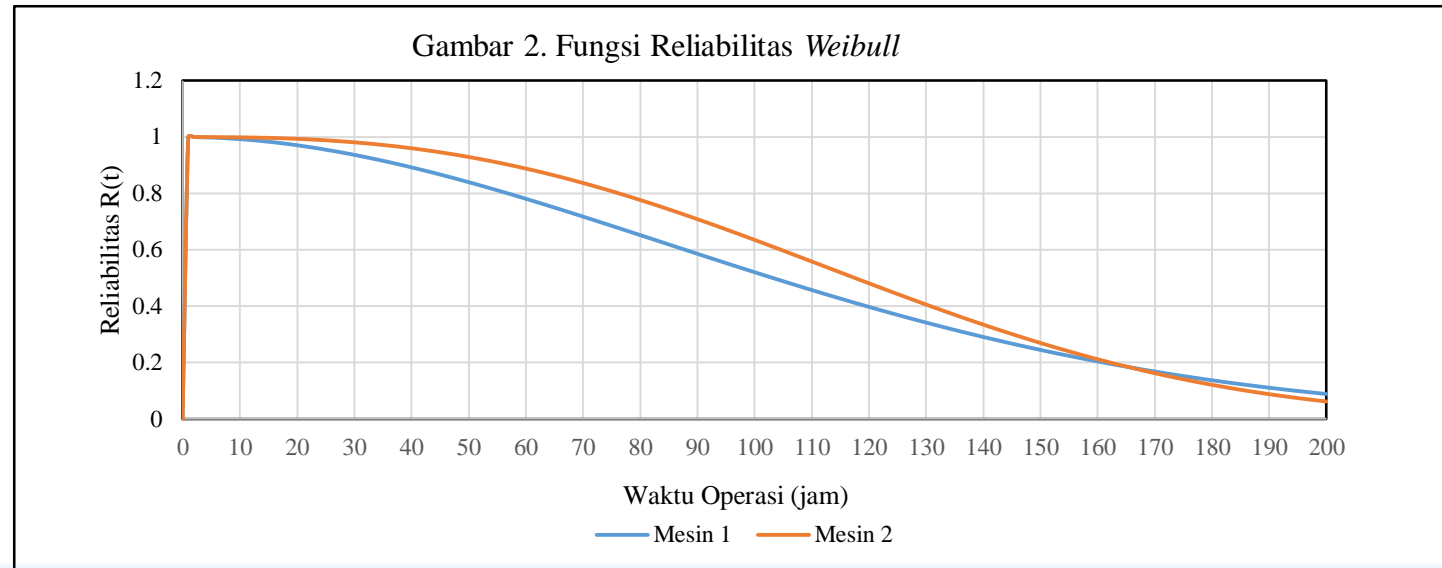
Mesin 1

$$R_1(100) = \exp\left[-\left(\frac{100}{124,29834}\right)^{1,87827}\right]$$
$$R_1(100) = 0,545$$

Mesin 2

$$R_2(100) = \exp\left[-\left(\frac{100}{134,29212}\right)^{2,59595}\right]$$
$$R_2(100) = 0,628$$

Grafik Fungsi Reliabilitas Weibull



Gambar 2 menunjukkan bahwa reliabilitas kedua mesin menurun seiring bertambahnya waktu operasi. Kurva Mesin 2 lebih landai dibandingkan Mesin 1, sehingga memiliki probabilitas bertahan lebih tinggi pada waktu yang sama. Nilai parameter $\beta > 1$ mengindikasikan kedua mesin berada pada fase *wear-out*, di mana risiko kegagalan meningkat akibat keausan komponen.

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:

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

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:

$$\frac{\beta}{\eta} = \frac{1,87827}{124,29834} = 0,01511$$

$$\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} = \left(\frac{100}{124,29834}\right)^{0,87827} = (0,8045)^{0,87827} = 0,8261$$

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

$$h_1(100)=0,0125$$

Perhitungan Mesin 2 (M2)

Diketahui:

$$\beta_2=2,59595$$

$$\eta_2=134,29212$$

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

Langkah perhitungan:

$$\frac{\beta}{\eta} = \frac{2,59595}{134,29212} = 0,01933$$

$$\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} = \left(\frac{100}{134,29212}\right)^{1,59595} = (0,7446)^{1,59595} = 0,6247$$

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

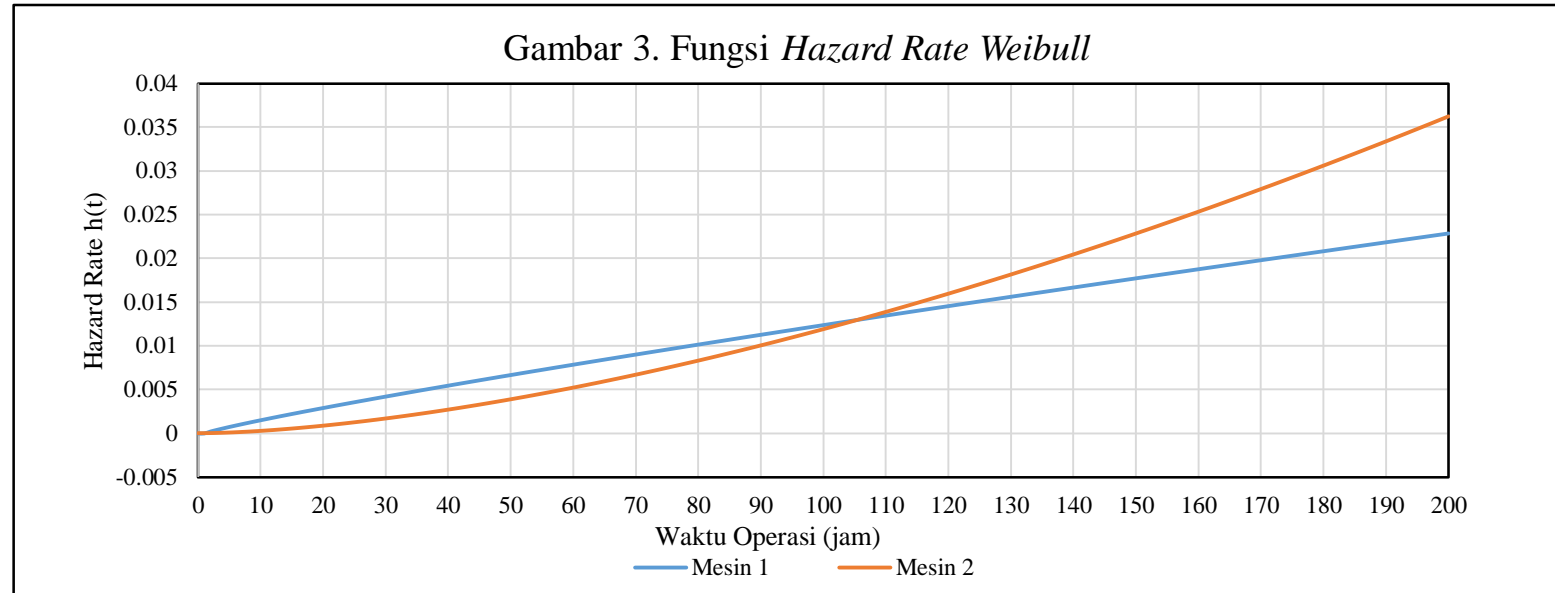
$$h_2(100)=0,0121$$

Nilai $h(100)$ menunjukkan laju kegagalan mesin pada 100 jam operasi, yaitu

- 0,0125 per jam untuk Mesin 1
 - 0,0121 per jam untuk Mesin 2.
- peluang kegagalan yaitu
- 1,25%
 - 1,21%

Mesin 2 memiliki tingkat kegagalan yang lebih rendah

Grafik Fungsi *Hazard Rate*



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 kegagalan semakin besar pada jam operasi tinggi. Mesin 2 memperlihatkan kenaikan *hazard rate* yang lebih tajam dibandingkan Mesin 1 pada periode akhir operasi.

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:

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

Perhitungan Mesin 1 (M1)

Diketahui

$$\beta_1 = 1,87827$$

$$\eta_1 = 124,29834$$

Langkah 1: Hitung $1 + \frac{1}{\beta}$

$$1 + \frac{1}{1,87827} \\ = 1 + 0,5324 \\ = 1,5324$$

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 $1 + \frac{1}{\beta}$

$$1 + \frac{1}{2,59595} \\ = 1 + 0,3852 \\ = 1,3852$$

Langkah 2: Nilai Fungsi Gamma

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

Langkah 3: Hitung MTTF

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

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

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

Root Cause Analysis (RCA)

Tabel 7. Hasil Analisis Mesin 1

Tahapan Analisis	Uraian
Masalah	<i>Downtime</i> tinggi pada sistem transmisi
<i>Why</i> 1	Komponen transmisi mengalami keausan
<i>Why</i> 2	Pelumasan tidak optimal
<i>Why</i> 3	Jadwal pelumasan tidak terstandarisasi
<i>Why</i> 4	Belum ada <i>preventive maintenance</i> berbasis reliabilitas
Akar Penyebab	Tidak adanya sistem perawatan berbasis data keandalan

Tabel 8. Hasil Analisis Mesin 2

Tahapan Analisis	Uraian
Masalah	Gangguan <i>bearing</i> dan <i>misalignment</i> poros
<i>Why</i> 1	Terjadi getaran berlebih
<i>Why</i> 2	Poros tidak sejajar (<i>misalignment</i>)
<i>Why</i> 3	Inspeksi <i>alignment</i> tidak dilakukan berkala
<i>Why</i> 4	Tidak ada <i>interval</i> perawatan terstandar
Akar Penyebab	Kurangnya prosedur inspeksi dan <i>alignment</i> berkala

Berdasarkan analisis 5 Whys, Mesin 1 sering mengalami keausan akibat pelumasan tidak terjadwal, sedangkan Mesin 2 mengalami gangguan *bearing* dan *misalignment* karena kurangnya inspeksi dan *alignment* berkala. Oleh karena itu, diperlukan *preventive maintenance* berbasis reliabilitas dengan jadwal inspeksi dan pelumasan yang terstruktur untuk menekan *downtime*.

Penentuan *Interval Preventive Maintenance*

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 $1/\beta$

$$\frac{1}{1,87827} = 0,5324$$

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 $1/\beta$

$$\frac{1}{2,59595} = 0,3852$$

Langkah 2: Hitung nilai dalam kurung

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

Langkah 3: Hitung *interval*

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

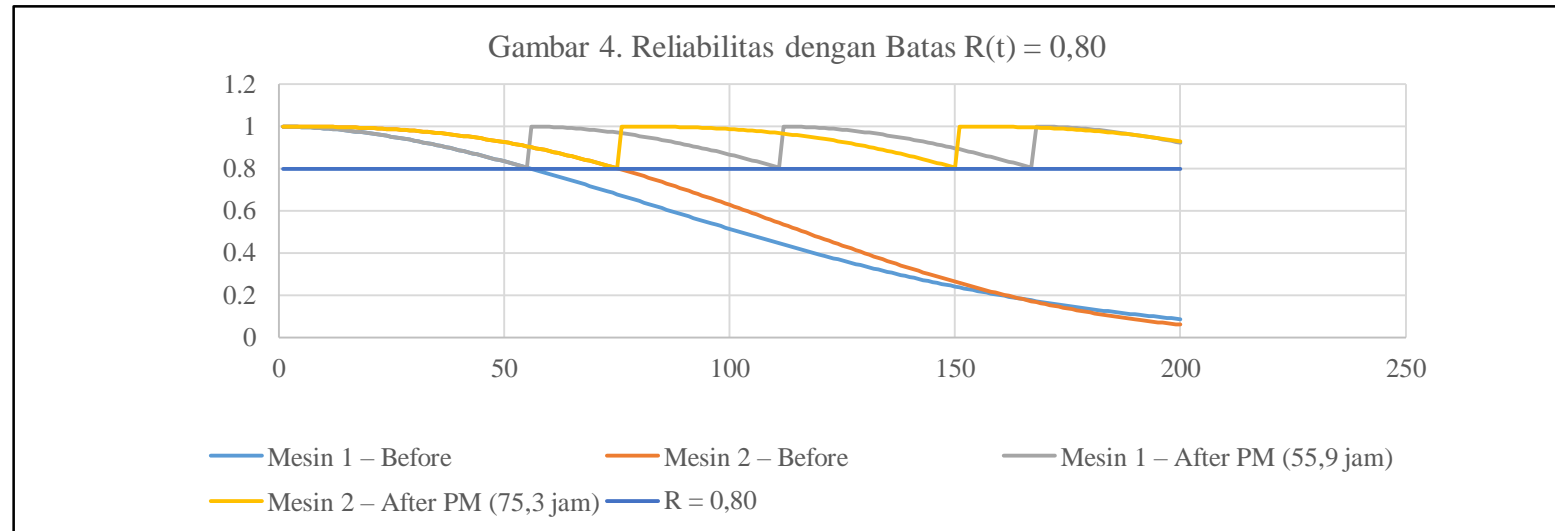
$$t_2 = 75,3 \text{ jam}$$

Konversi ke hari (8 jam/hari)

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

Untuk menjaga reliabilitas minimal $\geq 80\%$, perawatan disarankan dilakukan sebelum 55,9 jam pada Mesin 1 atau setara 7 hari kerja (8 jam/hari).
75,3 jam pada Mesin 2, atau setara 9 hari kerja (8 jam/hari).

Grafik Reliabilitas Dengan Batas $R(t)=0,80$



Gambar 4 menunjukkan bahwa sebelum *preventive maintenance*, reliabilitas kedua mesin menurun secara kontinu seiring waktu operasi. Setelah penerapan PM pada interval 55,9 jam (Mesin 1) dan 75,3 jam (Mesin 2), reliabilitas meningkat secara periodik dan dapat dipertahankan di atas batas minimum $R(t) = 0,80$.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis reliabilitas dan penerapan RCM, sistem perawatan yang sebelumnya bersifat *corrective* belum mampu menjaga reliabilitas di atas 80%. Melalui distribusi *Weibull*, ditetapkan interval *preventive maintenance* sebesar 55,9 jam (Mesin 1) dan 75,3 jam (Mesin 2), sehingga reliabilitas dapat dipertahankan $\geq 80\%$ dan secara teoritis menurunkan potensi risiko kegagalan mendadak hingga 20%. Penerapan *preventive maintenance* berbasis reliabilitas ini terbukti meningkatkan keandalan mesin dan mendukung kontinuitas operasional.

Penutup

**TERIMA KASIH ATAS
PERHATIANNYA**