

ANALISIS PERAWATAN MESIN STAMPING 800 TON MELALUI METODE RCM DAN FMEA UNTUK MENGURANGI *DOWNTIME* PT. YOROZU AUTOMOTIVE INDONESIA

Salsabila Rosmalia Dewi¹, Mochamad Saidiman², Rimba Krisnha Sukma Dewi³
Program Studi Teknik Industri^{1, 2, 3}
Universitas Teknologi Bandung^{1, 2, 3}
salsabilasrd14@gmail.com¹, aturihza@yahoo.com², rimbakrisnha80@gmail.com³

Abstrak

Downtime mesin yang tinggi pada proses produksi menjadi salah satu kendala utama dalam pencapaian target produksi di PT. Yorozu Automotive Indonesia. Salah satu mesin yang paling sering mengalami gangguan adalah mesin *stamping* 800T yang berperan penting sebagai mesin awal dalam proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komponen kritis penyebab *downtime* serta merumuskan strategi perawatan yang optimal dengan menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Data yang dianalisis berupa *Time Between Failure* (TBF) dan *Time To Repair* (TTR) selama periode November 2023 – Oktober 2024 dengan distribusi kerusakan diuji menggunakan distribusi *Weibull*, *Lognormal*, *Normal*, dan *Eksponensial*. Perhitungan keandalan dilakukan dengan menentukan nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Berdasarkan analisis FMEA, komponen *dies* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi yaitu 720, sehingga memerlukan prioritas perawatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen *dies* memiliki nilai MTBF sebesar 199.7 jam dengan MTTR 0.8 jam, *feeder roll* memiliki nilai MTBF sebesar 109.72 jam dengan MTTR 0.3 jam, sedangkan *shutter* memiliki nilai MTBF sebesar 171.72 jam dengan MTTR 0.3 jam. Nilai MTBF terkecil terdapat pada *feeder roll*, yang berarti komponen ini memiliki umur kehandalan yang lebih rendah dan membutuhkan perhatian pemeliharaan lebih intensif. Penerapan metode RCM dan FMEA dapat digunakan untuk menyusun strategi perawatan yang lebih efektif, antara lain *time directed maintenance* dan *condition directed maintenance* pada *dies*, *condition directed maintenance* pada *feeder roll*, serta *condition directed maintenance* dan *run to failure* dengan inspeksi rutin pada *shutter*.

Kata kunci : Distribusi keandalan, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR), *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

Abstract

High machine downtime in the production process is one of the main obstacles in achieving production targets at PT. Yorozu Automotive Indonesia. One of the machines that most often experiences problems is the 800T stamping machine which plays an important role as the initial machine in the production process. This study aims to analyze the critical components that cause downtime and formulate an optimal maintenance strategy by applying the Reliability Centered Maintenance (RCM) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methods. The data analyzed are Time Between Failure (TBF) and Time To Repair (TTR) during the period November 2023 - October 2024 with damage distributions tested using Weibull, Lognormal, Normal, and Exponential distributions. Reliability calculations are carried out by determining the Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time To Repair (MTTR) values. Based on the FMEA analysis, the dies component has the highest Risk Priority Number (RPN) value, namely 720, so it requires maintenance priority. The results of the study show that the dies component has an MTBF value of 199.7 hours with an MTTR of 0.8 hours, the feeder roll has an MTBF value of 109.72 hours with an MTTR of 0.3 hours, while the shutter has an MTBF value of 171.72 hours with an MTTR of 0.3 hours. The smallest MTBF value is found in the feeder roll, which means this component has a lower reliability life and requires more intensive maintenance attention. The application of the RCM and FMEA methods can be used to develop more effective maintenance strategies, including time-directed maintenance and condition-directed maintenance on dies, condition-directed maintenance on feeder rolls, and condition-directed maintenance and run to failure with routine inspections on the shutter.

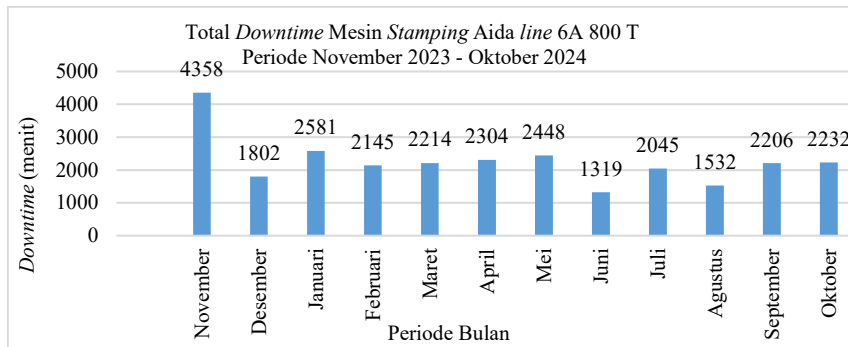
Keywords : *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR), *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Reliability distribution*.

I. PENDAHULUAN

Kegiatan produksi di industri manufaktur, keandalan mesin merupakan faktor penting untuk menjaga kelancaran proses dan memenuhi target produksi. Tingginya frekuensi kerusakan pada mesin menyebabkan meningkatnya *downtime*, penurunan produktivitas, serta bertambahnya biaya perawatan. Oleh karena itu, diperlukan sistem perawatan yang mampu mencegah kerusakan sebelum terjadi dan mengoptimalkan waktu operasi mesin. PT. Yorozu Automotive Indonesia sebagai perusahaan yang bergerak di bidang komponen otomotif, menghadapi permasalahan tingginya *downtime* pada mesin *Stamping* 800T. Beberapa komponen utama seperti *dies*, *feeder roll*, dan *shutter* sering mengalami kerusakan yang menyebabkan terganggunya proses produksi.

Fokus penelitian ini adalah menganalisis sistem perawatan mesin *Stamping* 800T untuk mengetahui penyebab utama *downtime* serta menentukan strategi perawatan yang paling efektif. Metode yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang dikombinasikan dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) serta analisis distribusi keandalan. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menghitung keandalan komponen berdasarkan data *Time Between Failure* (TBF) dan *Time To Repair* (TTR), serta menentukan interval waktu perawatan yang optimal. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah tersusunnya usulan strategi perawatan mesin yang dapat

mengurangi *downtime*, serta mendukung efektivitas sistem pemeliharaan di PT. Yorozu Automotive Indonesia. Berikut total data yang menunjukkan terjadinya *downtime* selama periode November 2023 – Oktober 2024 :



Gambar 1 Total Downtime Mesin Stamping Aida line 6A 800 T Periode November 2023 - Oktober 2024
 Sumber PT. Yorozu Automotive Indonesia

Gambar diatas menunjukkan bahwa *downtime* tertinggi terjadi di bulan November 2023. Mesin *Stamping* 800T diklasifikasi menjadi beberapa komponen yang merujuk pada pengelompokan internal dari bagian-bagian mesin *Stamping* 800T yang dijadikan fokus dalam analisis *downtime*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah dan Rizqi (2024)[1] dengan judul “*Analysis of Machine Maintenance Using the Reliability Centered Maintenance (RCM) Method on the Bag Inserter (FLEXIM) Machine*”, dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pemeliharaan mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* yang dipadukan dengan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* serta *Logic Tree Analysis (LTA)*. Penelitian ini difokuskan pada mesin *Bag Inserter (FLEXIM)* yang digunakan dalam industri manufaktur, dengan tujuan menemukan komponen kritis dan menentukan strategi perawatan yang paling sesuai agar keandalan mesin dapat meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui analisis FMEA diperoleh nilai *Risk Priority Number (RPN)* untuk tiap komponen, yang kemudian digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis yang berpotensi menyebabkan *downtime* tinggi. Berdasarkan klasifikasi LTA, mode kegagalan tiap komponen dapat dikategorikan dalam kelompok yang menentukan strategi pemeliharaan (*preventive maintenance, condition based maintenance, ataupun run to failure*). Rekomendasi strategi RCM yang dihasilkan terbukti mampu memberikan panduan pemeliharaan yang lebih sistematis dan efisien dibandingkan metode perawatan sebelumnya, sehingga dapat menurunkan potensi *downtime* dan meningkatkan produktivitas. Dari literatur tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* merupakan metode yang relevan untuk digunakan dalam penelitian ini karena dapat memberikan usulan perawatan untuk mesin *stamping* 800 T sehingga dapat mengurangi *downtime*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Menurut Smith & Glen (2004) [2] adalah sebuah proses yang dirancang untuk mengidentifikasi berbagai mode kegagalan, mengungkapkan penyebabnya, dan menganalisis konsekuensi utama yang terkait dengan mode kegagalan yang terjadi selama pengoperasian produk. Metode ini bertujuan untuk mendeteksi masalah sebelum terjadi, sehingga dapat meminimalkan risiko kegagalan yang dapat memengaruhi kualitas, keamanan, dan kepuasan pelanggan. Fokus utama FMEA adalah pada *failure modes* atau mekanisme kegagalan, yaitu cara di mana suatu proses atau komponen dapat gagal, serta mengevaluasi dampaknya melalui parameter keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Menurut Ghivaris, Soemadi, dan Desrianty (2015) [3] ketiga parameter tersebut, tingkat risiko dihitung menggunakan *Risk Priority Number (RPN)*:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detectio \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

- RPN = *Risk Priority Number*
- S = *Severity*
- O = *Occurance*
- D = *Detection*

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Dalam penelitian yang dilakukan Situngkir et al. (2019) [4] ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN tersebut. Ketiga komponen tersebut adalah:

a. *Severity (S)*

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Nilai rating *Severity* antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang

terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap sistem. Berikut adalah nilai *severity* secara umum dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
 NILAI *SEVERITY*

<i>Rating</i>	Kriteria
1	Tidak ada pengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Pengaturan atau pengendalian proses dapat dilakukan selama <i>maintenance</i>
2	Komponen masih dapat diproses dengan adanya efek sangat kecil dan pekerja tidak menyadari adanya masalah. Tidak terdapat <i>downtime</i>
3	Performa mesin mengalami penurunan dan pekerja menyadari adanya masalah
4	Terdapat efek pada komponen, namun tidak memerlukan perbaikan, dan banyak pekerja menyadari adanya masalah.
5	Terdapat efek sedang, dan komponen, memerlukan perbaikan
6	Penurunan kinerja komponen, tapi masih dapat diproses
7	Kinerja komponen sangat terpengaruh, tapi masih dapat diproses
8	Komponen tidak dapat diproses untuk produk yang semestinya, namun masih bisa digunakan untuk produk lain
9	Komponen membutuhkan perbaikan untuk dapat diproses ke proses selanjutnya
10	Komponen tidak dapat diproses untuk proses selanjutnya

Sumber : Situngkir et al. (2019)

b. *Occurence* (O)

Occurence adalah tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. *Occurence* berhubungan dengan *estimasi* jumlah kegagalan *kumulatif* yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin mengidentifikasi penyebab kegagalan potensial dari *failure mode* (kesalahan) dan memberikan nilai *occurrence* (tingkat kejadian). Kemudian mengurutkan rating mulai angka 1 untuk yang paling rendah kemungkinannya dan angka 10 untuk yang paling tinggi kemungkinannya. Berikut adalah nilai *Occurence* secara umum dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II
 NILAI *OCCURRENCE*

	Berdasarkan Frekuensi Kerusakan Tahunan	<i>Rating</i>
<i>Remote</i>	Tidak pernah sama sekali	1
<i>Low</i>	Lebih kecil dari 5 per 6160 jam penggunaan	2
<i>Low</i>	5- 10 per 6160 jam penggunaan	3
<i>Moderate</i>	11 – 14 per 6160 jam penggunaan	4
<i>Moderate</i>	15 – 20 per 6160 jam penggunaan	5
<i>Moderate</i>	21 – 25 per 6160 jam penggunaan	6
<i>High</i>	26 – 30 per 6160 jam penggunaan	7
<i>High</i>	31 – 35 per 6160 jam penggunaan	8
<i>Very High</i>	35 – 50 per 6160 jam penggunaan	9
<i>Very High</i>	Lebih besar dari 50 per 6160 jam penggunaan	10

Sumber : Situngkir et al. (2019)

c. *Detection* (D)

Deteksi diberikan pada sistem pengendalian yang digunakan saat ini yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi penyebab atau mode kegagalan. Nilai rating deteksi antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi sangat sulit terdeteksi. Berikut adalah nilai *Detection* secara umum dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III
 NILAI *DETECTION*

<i>Detection</i>	<i>Keterangan</i>	<i>Rating</i>
Sangat Rendah	Tidak ada alat pengontrol yang mampu Mendeteksi dan kerusakan tidak dapat dideteksi sebelum terjadi	10
Sangat sulit dideteksi	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan	9
Sulit dideteksi	Alat pengontrol saat ini sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sehingga kegagalan hanya dapat saat mesin sudah rusak	8
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan yang hanya mungkin dilakukan oleh teknisi ahli secara manual	7
Terbatas	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab Kegagalan, namun akurasi rendah dan hanya kadang efektif	6
Cukup	Kemampuan alat kontrol untuk Mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan namun kadang tidak akurat	5
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab Kegagalan, tetapi tidak real time atau kurang sensitif	4
Cukup tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan melalui inspeksi rutin atau tanda awal kegagalan	3
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat tinggi dan responsif	2
Sangat tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan hampir pasti dan cepat sebelum berdampak	1

Sumber : Situngkir et al. (2019)

2. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Tahapan pengerjaan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* [5]:

- a. Pemilihan Sistem dan pengumpulan informasi (*System Selection and Information Collection*)
- b. Definisi batasan system (*System Boundary Definition*)
- c. Deskripsi sistem dan blok diagram fungsi (*System Description and Functional Block Diagram*)
- d. Menentukan fungsi sistem dan kegagalan fungsional (*System Function and Functional Failures*)
- e. Perhitungan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
- f. Menentukan *Logic Tree Analysis* (LTA)
- g. Menentukan pemilihan tindakan (*Task Selection*)

3. Distribusi Data Kerusakan

Distribusi Data Kerusakan adalah pola atau distribusi statistik yang menggambarkan frekuensi dan waktu terjadinya kerusakan pada suatu sistem, komponen, atau peralatan selama periode operasionalnya. Dengan mengetahui distribusi data kerusakan, perusahaan dapat merencanakan strategi pemeliharaan yang lebih efektif, seperti *Preventive Maintenance (PM)* dan *Predictive Maintenance (PdM)* untuk mengurangi *downtime* dan biaya perawatan [6]. Distribusi data kerusakan dapat dihasilkan dari analisis historis kegagalan yang terjadi pada peralatan atau melalui pengujian keandalan yang dilakukan dalam kondisi operasional. Data yang digunakan mencakup waktu terjadinya kerusakan (*time to failure*), jumlah kerusakan yang terjadi, serta faktor-faktor penyebab kerusakan. Data tersebut kemudian dianalisis secara statistik untuk mendapatkan distribusi yang paling sesuai dengan pola kegagalan yang diamati [7].

4. Penentuan Awal Distribusi (*Least-Square Fit*)

Identifikasi distribusi probabilitas pada tahap awal dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu *probability plot* dan *least-square*. Metode *probability plot* umumnya digunakan ketika jumlah sampel terbatas atau data yang tersedia tidak lengkap. Sementara itu, *least-square* merupakan metode estimasi parameter berbasis regresi. Apabila data kerusakan maupun waktu perbaikan sesuai dengan asumsi sebaran tertentu, maka hasil regresi akan membentuk garis lurus dengan nilai *index of fit (r)* yang lebih baik dibandingkan plot manual, sehingga dianggap lebih akurat. Metode *least-square fit* sendiri dapat diaplikasikan pada beberapa distribusi,

seperti eksponensial, Weibull, normal, maupun lognormal. Menurut [8] Distribusi probabilitas adalah metode untuk mengevaluasi kecocokan data dengan distribusi. Adapun perhitungan posisi plot $[F(t_i)]$.

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan i = data waktu ke- t dan n = jumlah kerusakan yang terjadi.

Intercept (a) dan *Slope* (b) dihitung dengan rumus:

$$(a) = \bar{y} - b\bar{x} \dots\dots\dots (2)$$

$$(b) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana \bar{x} dan \bar{y} adalah rata-rata (*mean*) dari x_i dan y_i dan n adalah jumlah kerusakan yang terjadi.

Distribusi probabilitas dengan metode *last-square* yaitu:

a. Distribusi Normal

$$x_i = t_i \text{ dengan } t_i \text{ adalah data ke-} i \dots\dots\dots (4)$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)] \text{ (dari tabel distribusi } z) \dots\dots\dots (5)$$

Dengan parameter sebagai berikut.

$$= \sigma = \frac{1}{b} \text{ dan } \mu = -\alpha\sigma = -\frac{\alpha}{b} \dots\dots\dots (6)$$

b. Distribusi Lognormal

$$x_i = \ln(t_i) \text{ dengan } t_i \text{ adalah data ke-} i \dots\dots\dots (7)$$

$$y_i = z_i = \phi^{-1}[F(t_i)] \text{ (dari tabel distribusi } z) \dots\dots\dots (8)$$

Dengan parameter sebagai berikut.

$$s = \frac{1}{b} \text{ dan } t_{med} = e^{-sa} \dots\dots\dots (9)$$

c. Distribusi Eksponensial

$$x_i = y_i \dots\dots\dots (10)$$

$$y_i = \ln \frac{1}{1-F(t_i)} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan t_i adalah data ke- i , Slope (b) untuk distribusi eksponensial dihitung dengan rumus.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \dots\dots\dots (12)$$

d. Distribusi Weibull

$$x_i = \ln(t_i) \dots\dots\dots (13)$$

$$y_i = I_n \left[\ln \frac{1}{1-F(t_i)} \right] \text{ dengan } t_i \text{ adalah data ke-} i \dots\dots\dots (14)$$

Rumus parameter distribusi Weibull θ dan β yaitu sebagai berikut.

$$\beta = b \dots\dots\dots (15)$$

$$\theta = \exp^{-\left(\frac{\alpha}{b}\right)} \dots\dots\dots (16)$$

Setelah menghitung x_i dan y_i untuk setiap distribusi, maka selanjutnya menghitung *index of fit* (r) dengan rumus.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[(n \sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \dots\dots\dots (17)$$

5. Uji Kesesuaian Distribusi Data Minitab

Uji *goodness of fit* digunakan untuk menilai kesesuaian antara distribusi data hasil pengamatan dengan distribusi teoretis yang diasumsikan. Proses pengujiannya dilakukan dengan memilih distribusi yang memiliki nilai *index of fit* paling tinggi dari hasil perhitungan [8]. Pengujian kesesuaian distribusi data diuji dengan menggunakan *software* Minitab. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Cintas et al. (2012) [9] berpendapat bahwa Identifikasi distribusi yang paling sesuai dengan data dapat dengan menggunakan *software* Minitab. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Klik *Stat > Reliability/Survival > Distribution Analysis (Right Censoring) > Distribution ID Plot*.
2. Masukkan data waktu kerusakan ke kolom kemudian ke *Variables*.
3. Pilih jenis plot probabilitas dengan memilih seluruh distribusi yang tersedia atau hanya memilih distribusi sesuai yang dibutuhkan. Lalu klik OK untuk menampilkan hasil.
4. Hasil uji kesesuaian akan muncul dan menampilkan distribusi terbaik untuk data yang telah dimasukkan. Semakin kecil nilai *goodness of fit test Anderson-Darling*, maka distribusi itu adalah yang lebih sesuai. Plot yang menunjukkan lebih banyak titik selaras artinya adalah distribusi yang paling sesuai dengan data.

6. Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean Time to Failure (MTBF) merupakan rata-rata waktu akan terjadinya suatu kegagalan pada komponen mesin yang sedang berjalan pada kondisi normal dan juga merupakan ekspektasi *life time* dari komponen mesin yang digunakan dalam menyatakan angka ekspektasi $E(t)$ yang diformulasikan sebagai berikut [8]:

$$MTBF = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \dots\dots\dots (18)$$

Berikut merupakan perhitungan MTBF dari masing-masing distribusi:

a. Distribusi Normal
 $MTBF = \mu$ (19)

b. Distribusi *eksponensial*
 $MTBF = \frac{1}{e}$ (20)

c. Distribusi *Weibull*
 $MTBF = nT (1 + \frac{1}{\beta})$ (21)

d. Distribusi lognormal
 $MTBF = t_{med} e^{\frac{\sigma^2}{2}}$ (22)

7. Mean Time to Repair (MTTR)

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan rata-rata waktu interval perawatan yang dibutuhkan dalam melakukan kegiatan perbaikan pada komponen mesin, pembentukan MTTR dilakukan dengan identifikasi distribusi terpilih dari data historis mesin, formulasi dari MTTR ada sebagai berikut [8] :

$MTTR = \int_0^{\infty} th(t)dt = \int_0^{\infty} 1 - H(t)dt$ (23)

Keterangan :

$h(t)$ = fungsi kepadatan peluang data waktu perbaikan (TTR)

$H(t)$ = fungsi distribusi kumulatif data waktu perbaikan (TTR)

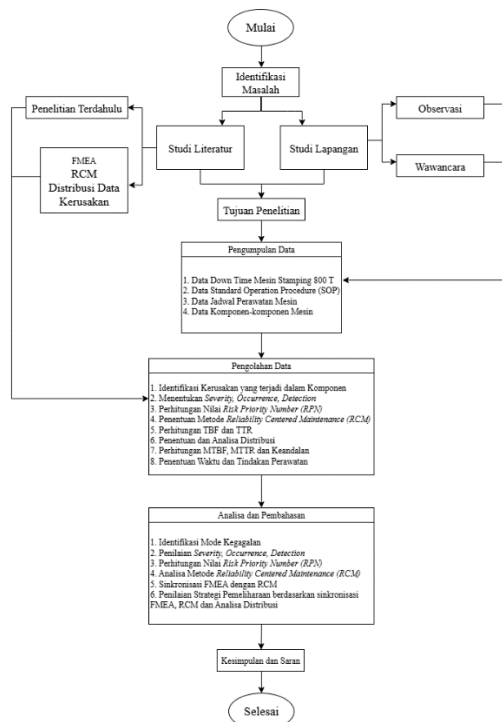
Berikut merupakan formulasi nilai MTTR masing-masing distribusi :

a. Distribusi normal dan lognormal
 $MTTR = t_{med} e^{\frac{\sigma^2}{2}}$ (24)

b. Distribusi *eksponensial*
 $MTTR = \frac{1}{e}$ (25)

c. Distribusi *Weibull*
 $MTTR = nT (1 + \frac{1}{\beta})$ (26)

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN



Gambar 2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi masalah, yaitu menganalisis penyebab utama tingginya *downtime* pada mesin *stamping* 800T melalui observasi langsung di lapangan dan wawancara dengan operator serta supervisor. Selain itu, dilakukan studi literatur untuk memperkuat landasan teori terkait metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dan analisis distribusi keandalan. Berdasarkan hasil

identifikasi tersebut, ditetapkan tujuan penelitian untuk menganalisis penyebab *downtime* mesin *stamping* 800T, menentukan strategi perawatan yang optimal menggunakan pendekatan RCM, serta menentukan waktu terbaik pelaksanaan perawatan berdasarkan analisis keandalan. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, observasi langsung, dan studi dokumentasi. Wawancara dilakukan dengan pihak terkait untuk memperoleh informasi mengenai kondisi mesin, frekuensi kerusakan, serta tindakan perawatan yang dilakukan. Observasi lapangan dilakukan untuk melihat secara langsung aktivitas perawatan dan pola kerusakan mesin. Sedangkan studi dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data historis *downtime*, laporan perawatan, dan catatan kerusakan yang telah terjadi sebelumnya. Data yang telah terkumpul kemudian diolah dengan beberapa tahapan, yaitu mengklasifikasikan *downtime* berdasarkan komponen mesin, menghitung frekuensi dan total waktu kerusakan, memberikan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* pada metode FMEA untuk menentukan *Risk Priority Number* (RPN), serta mengidentifikasi komponen dengan nilai RPN tertinggi untuk dianalisis menggunakan metode RCM. Selanjutnya dilakukan analisis distribusi keandalan (*Weibull*, *Lognormal*, *Eksponensial*, dan *Normal*) menggunakan *software* Minitab untuk menentukan parameter MTBF, MTTR, dan fungsi keandalan R(t). Hasil analisis ini digunakan untuk menyusun strategi dan jadwal perawatan mesin yang lebih efektif. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual mesin dan penyebab *downtime*, sedangkan analisis kuantitatif digunakan untuk menghitung rata-rata waktu antar kerusakan, menentukan komponen paling kritis, serta menyusun strategi pemeliharaan berbasis FMEA dan RCM. Melalui tahapan ini, diharapkan diperoleh rekomendasi perawatan yang mampu menurunkan *downtime* dan meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan mesin *stamping* 800T di PT. Yorozu Automotive Indonesia.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis *Downtime* dan Komponen Kritis

Berdasarkan data *downtime* mesin *stamping* 800T di PT. Yorozu Automotive Indonesia selama periode November 2023–Oktober 2024, diketahui bahwa komponen yang paling sering mengalami gangguan adalah *dies*, *feeder roll*, dan *shutter*. Ketiga subkomponen ini berkontribusi paling besar terhadap total *downtime*, baik dari segi durasi maupun frekuensi. Hal ini menunjukkan bahwa ketiganya merupakan komponen kritis yang perlu dianalisis lebih lanjut dalam penentuan strategi perawatan mesin.

2. Analisis Distribusi

Analisis distribusi dilakukan untuk mengetahui mode kerusakan (*failure Mode*) setiap komponen dengan mengolah data *Time Between Failure* (TBF) dan *Time To Repair* (TTR) menggunakan *software* Minitab 19. Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh komponen memiliki pola distribusi keandalan yang berbeda, seperti pada Tabel IV.

TABEL IV
 HASIL ANALISIS DISTRIBUSI TBF DAN TTR KOMPONEN MESIN *STAMPING* 800 T

Komponen	Distribusi TBF	Distribusi TTR	MTBF	MTTR
<i>Dies</i>	<i>Weibull</i>	<i>Weibull</i>	199,7	199,7
<i>Feeder Roll</i>	<i>Weibull</i>	<i>Weibull</i>	109,72	0,3
<i>Shuteer</i>	<i>Weibull</i>	<i>Lognormal</i>	171,72	0,3

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa komponen *Feeder Roll* memiliki nilai MTBF terkecil (109,72 jam), menandakan komponen ini paling cepat mengalami kerusakan dibandingkan dengan *dies* dan *shutter*. Sementara komponen *Dies* memiliki nilai MTBF tertinggi (199,7 jam), menunjukkan ketahanan operasi yang lebih baik. Distribusi *Weibull* menggambarkan bahwa laju kerusakan meningkat seiring bertambahnya umur pakai (*wear-out phase*), sehingga komponen memerlukan pengawasan kondisi yang ketat dan tindakan perawatan preventif. Untuk *Shutter*, distribusi *Lognormal* menunjukkan adanya variasi waktu perbaikan yang bergantung pada kondisi saat terjadi kegagalan, seperti penumpukan *scrap* atau gangguan pada sistem pengeluaran *material*.

3. Analisis FMEA dan Penentuan Komponen Kritis

Setelah dilakukan identifikasi mode kegagalan, diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada komponen *Dies* sebesar 720. Nilai ini menunjukkan bahwa kegagalan pada *dies* memiliki tingkat risiko paling besar terhadap proses produksi. Komponen *Feeder Roll* dan *Shutter* memiliki nilai RPN yang lebih rendah, namun frekuensi kerusakannya cukup tinggi, sehingga tetap perlu diperhatikan dalam perencanaan perawatan. Berdasarkan hasil *Logic Tree Analysis* (LTA), *Dies* merupakan kategori B (*Outage*) yaitu kegagalan menyebabkan sebagian sistem berhenti dan berdampak langsung pada proses produksi, *feeder roll* merupakan kategori A (*Hidden Failure*) yaitu kegagalan tidak langsung terlihat, namun berpotensi mengganggu feeding material, dan *shutter* merupakan kategori C (*Minor Failure*) yaitu kegagalan ringan yang tidak menyebabkan berhentinya proses produksi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa penyebab utama downtime pada mesin stamping 800 ton di PT. Yorozu Automotive Indonesia berdasarkan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) terletak pada subkomponen dies dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi sebesar 720. Oleh karena itu, dilakukan usulan strategi perawatan menggunakan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) yang difokuskan pada tiga komponen utama, yaitu dies, feeder roll, dan shutter. Usulan perawatan meliputi pemeriksaan rutin, inspeksi visual harian, pembersihan, pelumasan, serta penyusunan SOP untuk meningkatkan efektivitas dan konsistensi perawatan. Selain itu, analisis distribusi keandalan menunjukkan bahwa data Time Between Failure (TBF) ketiga komponen mengikuti distribusi Weibull, sedangkan Time To Repair (TTR) untuk dies dan feeder roll mengikuti distribusi Weibull, dan shutter mengikuti distribusi Lognormal. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh interval perawatan optimal untuk dies sekitar 100 jam operasi dengan MTTR 0,8 jam, feeder roll sekitar 55 jam operasi dengan MTTR 0,3061 jam, serta shutter sekitar 86 jam operasi dengan MTTR 0,23 jam. Penentuan interval ini bertujuan untuk mencegah kerusakan dini dengan melakukan inspeksi sebelum mencapai nilai Mean Time Between Failure (MTBF). Dengan penerapan strategi perawatan yang terjadwal dan berbasis keandalan ini, diharapkan dapat mengurangi downtime, meningkatkan kinerja mesin, serta mengoptimalkan efektivitas kegiatan perawatan di perusahaan.

REFERENSI

- [1] Firmansyah M, Rizqi AW. Analysis of Machine Maintenance Using the Reliability Centered Maintenance (RCM) Method on the Bag Inserter (FLEXIM) Machine. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*. 2024;8(4):2514-2521. doi:10.70609/gtech.v8i4.5235
- [2] Smith, A. M. & Glenn, H. R. (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance*. London : Elsevier Inc.
- [3] Ghivaris. G. A., Soemadi. K., Desrianty. A., (2015). Usulan Perbaikan Kualitas Proses Produksi Rudder Tiller Di PT. PINDAD Bandung Menggunakan FMEA Dan FTA. *Jurnal Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung*. Reka Integra ISSN: 2338-5081. Vol.03 No.04.
- [4] Situngkir, I., Golfrid, G., & Diman, T. (2019). Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Paper Machine. *Jurnal Teknik Mesin Untirta* Vol. V No. 2.
- [5] R. Bachrul Ulum, Tarman, H. Firmansyah, and R. F. Ramdhani, "Reliability Centered Maintenance (Rcm) Dalam Menganalisis Pada Precision Air Conditioning (Pac) Di Pt Xyz," *Jurnal Teknologika*, vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.51132/teknologika.v13i1.239.
- [6] N. Hafidhoh, A. P. Atmaja, G. N. Syaifuddiin, I. B. Sumafta, S. M. Pratama, and H. N. Khasanah, "Machine Learning untuk Prediksi Kegagalan Mesin dalam Predictive Maintenance System," *Jurnal Masyarakat Informatika*, vol. 15, no. 1, pp. 56–66, May 2024, doi: 10.14710/jmasif.15.1.63641.
- [7] J. et al., "Penerapan Metoda RCM Dan Analisis FMECA Untuk Menentukan Interval Preventif Maintenance Dan Estimasi Biaya Perawatan Mesin Potong Plat YSD HGS 31/30."
- [8] C. E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering* (2nd ed.), Waveland Press, Inc. Long Grove, 2010.
- [9] P. G. Cintas, L. M. Almagro and X. T.-M. Llabrés, *Industrial Statistics with Minitab*, New Delhi: John Wiley & Sons, Ltd, 2012.