

Analisis Perawatan Mesin Rotary Welding Bode Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance

Dadi Cahyadi¹, Nugraheni Djamal^{2*}, Siti Nur Annisha³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Jl. Raya Cilegon Serang Km. 5, Drangong, Kec. Taktakan, Kota Serang, Banten 42162

Email: nugraheni.djamal@gmail.com

ABSTRAK

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang desain dan *Reverse Engineering* peralatan ketenagalistrikan. Kegiatan produksi utamanya yaitu proses rekondisi pada produk Grinding Tyre dan Table yang menggunakan mesin *Rotary Welding Bode*. Mesin ini sering mengalami kerusakan akibat frekuensi penggunaan tinggi tanpa adanya pemeliharaan rutin dan masih menggunakan metode perawatan *Corrective Maintenance*. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya *breakdown* yang mengakibatkan *downtime* pada mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen yang sering mengalami kerusakan dan bagaimana usulan perbaikan yang tepat untuk meminimalkan potensi kerusakan di masa depan. Metode yang digunakan adalah Reliability Centered Maintenance untuk menentukan komponen kritis yang menyebabkan kerusakan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat komponen kritis pada mesin yaitu pada bagian *Wire Feeder* yang terdiri dari *Bearing* (RPN = 147), *Bearing Retainer* (RPN = 90), *Spiral* (RPN = 75), Selang Penghubung (RPN = 40), dan Stang Nozzle (RPN = 324). Komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi ada pada komponen Stang Nozzle dikategorikan pada level *High Priority*. Usulan perbaikan yang dilakukan yaitu dengan menerapkan preventive maintenance, melakukan pemilihan material yang tepat, melakukan pembuatan jadwal pemeliharaan mesin yang rutin dan menggunakan mesin sesuai dengan kapasitasnya.

Kata kunci: Failure Mode and Effect Analysis, preventive maintenance, Risk Priority Number,

ABSTRACT

PT XYZ is a company engaged in the design and Reverse Engineering of electrical equipment. Its main production activity is the reconditioning process on Grinding Tire and Table products using Rotary Welding Bode machines. This machine often experiences damage due to high frequency of use without routine maintenance and still uses Corrective Maintenance methods. This results in breakdowns that result in downtime on the machine. This study aims to determine the components that often experience damage and how to propose appropriate repairs to minimize the potential for damage in the future. The method used is Reliability Centered Maintenance to determine critical components that cause damage. The results of the study indicate that there are critical components in the machine, namely the Wire Feeder section consisting of Bearing (RPN = 147), Bearing Retainer (RPN = 90), Spiral (RPN = 75), Connecting Hose (RPN = 40), and Stang Nozzle (RPN = 324). The critical component with the highest RPN value is the Stang Nozzle component categorized at the High Priority level. The proposed improvements include implementing preventive maintenance, selecting appropriate materials, creating a routine machine maintenance schedule, and using the machine according to its capacity.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, preventive maintenance, Risk Priority Number,

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur di Indonesia menunjukkan perubahan yang signifikan, ditandai dengan peningkatan kapasitas produksi (Fiqam, 2024), diversifikasi produk, dan implementasi teknologi terkini. Dalam sistem produksi, mesin dan peralatan berfungsi sebagai elemen utama yang mengubah input menjadi output melalui serangkaian tahapan operasional. Proses produksi yang terus-menerus, tanpa adanya strategi pemeliharaan yang tepat berpotensi menyebabkan kerusakan mesin (Febianty et al., 2016) yang mengakibatkan downtime dan menurunkan efisiensi produksi (Pratama et al., 2021).

Untuk menjaga keberlangsungan proses produksi, diperlukan sistem pemeliharaan peralatan dan mesin produksi (Agustin & Desmira, 2024). Pemeliharaan merupakan upaya sistematis yang bertujuan untuk menjaga peralatan dan mesin agar tetap berfungsi dengan baik, mencegah kerusakan, dan meminimalkan gangguan produksi (Pranowo, 2019). Implementasi sistem pemeliharaan yang baik dan terjadwal dapat membantu memastikan kelancaran operasi dan produktivitas dalam suatu sistem proses produksi (Fahri et al., 2025).

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang desain dan reverse engineering peralatan ketenagalistrikan yang memproduksi komponen part PLTU di Jawa bagian barat dan Sumatera bagian Selatan. Kegiatan utama pada proses produksinya adalah rekondisi Grinding Tyre dan Table. Pada proses produksi tersebut, digunakan alat penunjang kegiatan yang terdiri dari Mesin Rotary Welding Bode, Mesin Rotary Welding Zhou Xiang, Mesin Las Redbo, dan Mesin Las Miller.

Sistem pemeliharaan yang diterapkan saat ini masih menggunakan metode corrective maintenance, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kegagalan mesin yang mengakibatkan downtime (Nanda, 2025). Downtime pada mesin adalah kondisi di mana mengalami kegagalan operasional dan harus diperbaiki tanpa adanya persiapan sebelumnya (Brodny dan Tutak, 2022). Meningkatnya frekuensi downtime mengakibatkan kegiatan produksi terhambat dan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan (Hashim et al., 2025). Tabel 1 di bawah ini menunjukkan data downtime mesin las pada bulan Desember 2023 sampai dengan Mei 2024.

Tabel 1. Data Downtime Mesin

| No | Mesin | Downtime (Jam) | | | | | | Total |
|----|----------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| | | Des 2023 | Jan 2024 | Feb 2024 | Mar 2024 | Apr 2024 | Mei 2024 | |
| 1 | <i>Rotary Welding Zhou Xiang</i> | 30 | 47 | 35 | 45 | 37 | 30 | 224 |
| 2 | <i>Rotary Welding Bode</i> | 52 | 67 | 45 | 70 | 50 | 48 | 332 |
| 3 | <i>Las Redbo</i> | 15 | 20 | 17 | 22 | 25 | 23 | 122 |
| 4 | <i>Las Miller</i> | 22 | 18 | 17 | 26 | 31 | 28 | 142 |

Berdasarkan tabel 1 di atas, downtime tertinggi selama periode Desember 2023 hingga Mei 2024 terjadi pada mesin Rotary Welding Bode. Mesin ini merupakan mesin yang digunakan pada proses pengelasan material logam silinder hollow dengan teknologi las MIG (Metal Inert Gas). Mesin tersebut merupakan peralatan utama yang mendukung aktivitas rekondisi produk Grinding Tyre dan Table. Penggunaan mesin secara intensif tanpa adanya program pemeliharaan terjadwal mengakibatkan mesin mengalami kerusakan dan mengakibatkan downtime (Al-Duais et al., 2021). Berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi, diperlukan mekanisme pemeliharaan dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemeliharaan (Maintenance)

Pemeliharaan didefinisikan sebagai tindakan untuk menjaga atau memperbaiki suatu barang agar tetap dalam kondisi optimal (Pinciroli et al., 2023). Kegiatan ini meliputi perawatan,

perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetelan, dan pemeriksaan (Tsai et al., 2004). Konsep pemeliharaan berkembang dari kebutuhan untuk mempertahankan standar kenyamanan, keamanan, dan keberlanjutan fungsi aset selama periode waktu tertentu (Lu et al., 2020). Selain itu, pemeliharaan juga didefinisikan sebagai usaha pemulihan fungsi mesin agar bekerja sesuai standar, serta meningkatkan reliability, maintainability, dan availability untuk mendapatkan hasil produksi yang optimal (Shi et al., 2021). Oleh karena itu, pemeliharaan merupakan proses sistematis yang meliputi perencanaan, pengaturan, dan pengendalian waktu operasi dengan tujuan untuk meminimalkan downtime serta memastikan kinerja peralatan yang tepat (Koussaimi et al., 2016).

2.2. Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan memprioritaskan kepentingan dari mode kegagalan, kemudian menentukan tindakan perawatan pencegahan yang efektif (Okwuobi et al., 2018). Tujuan utama penerapan RCM adalah untuk meningkatkan ketersediaan atau keandalan suatu peralatan dan sistem (Patil et al., 2022).

2.3. Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah teknik analisis risiko yang digunakan untuk menentukan bagaimana peralatan, fasilitas atau sistem dapat mengalami kegagalan serta akibat yang ditimbulkannya (Gaspersz, 2001). Aturan dasar pendekatan FMEA adalah memperbaiki berdasarkan Risk Priority Number (RPN). RPN adalah hubungan antara tiga buah faktor. variabel, yang terdiri dari *Severity* (Keparahan), *Occurrence* (Frekuensi Kejadian), dan *Detection* (Deteksi Kegagalan), yang masing-masing menunjukkan tingkat resiko yang mendorong tindakan perbaikan.

1. *Severity*

Severity merupakan tingkat dari efek yang dihasilkan oleh kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Nilai *rating severity* antara 1 sampai 10, di mana rating 1 menunjukkan kegagalan tidak memberikan dampak terhadap kegiatan operasi dan rating 10 menunjukkan bahwa mesin atau peralatan dalam kondisi tidak berfungsi sama sekali (Pranoto et al., 2013)

2. *Occurrence*

Occurrence merupakan tingkatan dari frekuensi kegagalan yang berhubungan dengan jumlah kegagalan kumulatif yang muncul. Tingkatan *occurrence* antara 1 sampai 10 di mana rating 1 berarti tidak pernah sama sekali dan rating 10 berarti frekuensi lebih besar dari 50 per 7200 jam penggunaan (Pranoto et al., 2013).

3. *Detection*

Detection digunakan untuk mengukur kemampuan dalam mengetahui dan mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *rating detection* antara 1 sampai 10, di mana rating 1 berarti kegagalan pasti dapat dideteksi dan rating 10 berarti operator tidak mampu mendeteksi kegagalan (Pranoto et al., 2013).

4. $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$

Nilai RPN dapat digunakan untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang cocok dan berikut *Priority Level* dalam tingkatan RPN (Harpco System, 1990) :

Tabel 2. Skala RPN

| Rank | RPN range | Priority Level |
|-------|-----------|---------------------------|
| 1-2 | > 500 | <i>Extreme Priority</i> |
| 3-4 | 400-500 | <i>Very High Priority</i> |
| 5-8 | 250-400 | <i>High Priority</i> |
| 9-13 | 150-250 | <i>Moderate Priority</i> |
| 14-20 | <150 | <i>Acceptable Risk</i> |

Sumber : Harpco System (1990)

2.4. Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) merupakan metode sistematis yang digunakan untuk mengklasifikasikan mode kegagalan ke dalam beberapa kategori serta menentukan tingkat prioritas penanganan masing-masing mode kegagalan berdasarkan klasifikasi tersebut (Aziz, et al 2010). Terdapat beberapa aspek penting dalam analisis kekritisan, yaitu (Supriyadi et al., 2018):

1. *Evident*
Menunjukkan apakah dalam kondisi normal, operator mengetahui terjadinya gangguan dalam sistem.
2. *Safety*
Menilai apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan
3. *Outage*
Mengidentifikasi apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti
4. *Category*
Pengategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, sebagai berikut:
 - a. Category A (mode kegagalan berpengaruh terhadap keselamatan)
 - b. Category B (mode kegagalan berpengaruh terhadap produksi)
 - c. Category C (mode kegagalan berpengaruh terhadap non produksi)
 - d. Category D (mode kegagalan yang tersembunyi dan tidak langsung terdeteksi)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Studi Lapangan

Pada tahap ini, studi lapangan dilakukan secara langsung pada perusahaan untuk memahami sistem dan alur produksi serta melakukan identifikasi awal masalah yang terjadi di PT XYZ.

3.2. Sumber Data

Data yang diperoleh melalui pengamatan langsung dari bulan Desember 2023 hingga Mei 2024.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Observasi
Tahap ini dilakukan melalui pengamatan langsung pada objek penelitian yaitu pada mesin Rotary Welding Bode.
2. Wawancara
Wawancara dilakukan kepada para Engineer yang berada di Workshop A.

3.4. Teknik Pengolahan Data

Tahap ini menggunakan metode Reliability Centered Maintenance. Terdapat 7 tahapan diantaranya sebagai berikut (Moubray, 1997):

1. Pemilihan Sistem Dan Pengumpulan Informasi
2. Definisi dan Batasan Sistem
3. Deskripsi Sistem dan Functional Diagram Block (FBD)
4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional
5. Failure Mode Effect Analysis (FMEA)
6. Logic Tree Analysis (LTA)
7. Task Selection

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Performance Maintenance Mesin Rotary Welding Bode

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kondisi mesin yang akan diteliti dengan menghitung nilai MTBF, MTTR dan Availability menggunakan data dari hasil kegiatan pada bulan Desember 2023 hingga Mei 2024. Berikut adalah hasil data yang diperoleh sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Data Mesin Rotary Welding Bode

| No | Bulan | Downtime (Jam) | Total Waktu Operasi (Jam) | Frekuensi Kerusakan | Loading Time (Jam) |
|--------------|----------|----------------|---------------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | Des 2023 | 52 | 352 | 7 | 404 |
| 2 | Jan 2024 | 67 | 416 | 10 | 483 |
| 3 | Feb 2024 | 45 | 336 | 9 | 381 |
| 4 | Mar 2024 | 70 | 368 | 12 | 438 |
| 5 | Ap 2024 | 50 | 320 | 8 | 370 |
| 6 | Mei 2024 | 48 | 368 | 9 | 416 |
| Total | | 332 | 2160 | 55 | 2492 |

Berikut adalah perhitungan MTBF, MTTR dan *Availability Performance* pada bulan Desember 2023 :

1. *Mean Time Between Failures* (MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{Total Operational Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$MTBF = \frac{352}{7} = 50,28 \text{ jam}$$

Diketahui waktu antara Breakdown dengan Breakdown berikutnya adalah 50,28 jam. Artinya waktu Breakdown dari suatu mesin dihitung dari mesin pertama kali digunakan sampai terjadinya kegagalan lagi.

2. *Mean Time To Repair* (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Total Downtime}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

$$MTTR = \frac{52}{7} = 7,42 \text{ jam}$$

Diketahui waktu yang digunakan untuk memperbaiki suatu kerusakan mesin adalah 7,42 jam. Artinya perbaikan membutuhkan waktu 7,42 jam selama satu kali perbaikan.

3. *Availability*

$$\text{Availability} = \frac{\text{Total Operational Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\text{Availability} = \frac{352}{404} \times 100\% = 87,12\%$$

Hasil nilai *Availability* pada mesin *Rotary Welding Bode* sebesar 87,12% berada di bawah standar *World Class Equipment Effectiveness* yang ditetapkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yaitu sebesar $\geq 90\%$. Hal ini menunjukkan bahwa mesin masih memerlukan peningkatan tingkat *Availability* dilakukan melalui pemeliharaan mesin dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) khususnya pada komponen kritis. Rekapitulasi *Performance Maintenance* dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Rekapitulasi Performance Maintenance

| No | Bulan | MTBF (Jam) | MTTR (Jam) | Availability% |
|-----------|---------------|------------|------------|---------------|
| 1 | Desember 2023 | 50,28 | 7,42 | 87,12% |
| 2 | Januari 2024 | 41,60 | 6,70 | 86,12% |
| 3 | Februari 2024 | 37,33 | 5,00 | 88,18% |
| 4 | Maret 2024 | 30,66 | 5,83 | 84,01% |
| 5 | April 2024 | 40,00 | 6,25 | 86,48% |
| 6 | Mei 2024 | 40,88 | 5,33 | 88,46% |
| Rata-rata | | 40,12 | 6,09 | 86,67% |

4.2. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam menggunakan metode RCM:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Pemilihan sistem difokuskan pada mesin Rotary Welding Bode yang memiliki tingkat downtime tertinggi. Mesin ini terdiri dari 4 bagian utama, yaitu Trafo, *Welding Manipulator*, *Welding Positioner*, dan *Wire Feeder*, yang fungsinya ditunjukkan pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Bagian Mesin Rotary Welding Bode

| No | Bagian Mesin | Fungsi |
|----|----------------------------|--|
| 1 | <i>Trafo</i> | Berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan agar sesuai dengan voltase yang dibutuhkan |
| 2 | <i>Welding Manipulator</i> | Berfungsi sebagai pengatur posisi pengelasan dan tempat <i>wire feeder</i> elektroda las |
| 3 | <i>Welding Positioner</i> | Berfungsi memutar benda kerja, mengatur sudut kemiringan benda kerja pada saat proses pengelasan |
| 4 | <i>Wire Feeder</i> | Berfungsi sebagai pengontrol kawat elektroda agar kawat dapat kontinu ke titik pengelasan |

2. Definisi dan Batasan Sistem

Tahap ini bertujuan untuk menentukan batasan sistem yang diamati dengan memfokuskan pada komponen yang menunjukkan tingkat kerusakan tertinggi, sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Frekuensi kerusakan Mesin Rotary Welding Bode

| No | Bagian | Desember 2023 | Januari 2024 | Februari 2024 | Maret 2024 | April 2024 | Mei 2024 | Total |
|--------------|----------------------------|---------------|--------------|---------------|------------|------------|----------|-------|
| 1 | <i>Trafo</i> | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 6 |
| 2 | <i>Welding Manipulator</i> | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 14 |
| 3 | <i>Welding Positioner</i> | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 10 |
| 4 | <i>Wire Feeder</i> | 3 | 5 | 4 | 6 | 4 | 3 | 25 |
| Total | | 7 | 10 | 9 | 12 | 8 | 9 | 55 |

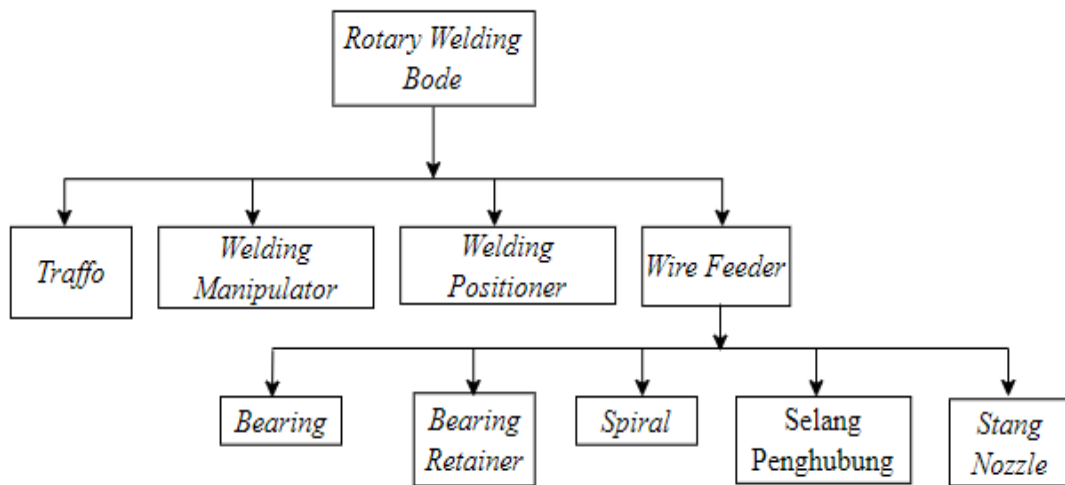
3. Deskripsi Sistem dan Functional Diagram Block (FBD)

Suatu sistem dapat dijelaskan berdasarkan fungsi dari subsistemnya. Mesin Rotary Welding Bode digunakan untuk mengelas logam silinder hollow dengan metod pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*). Mesin ini terdiri dari beberapa unit sistem. yang dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Komponen Wire Feeder

| No | Komponen Mesin | Fungsi |
|----|-------------------|--|
| 1 | <i>Bearing</i> | Berfungsi untuk menahan kawat las agar poros dapat berputar dengan lancar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. |
| 2 | <i>Retainer</i> | Berfungsi menahan gesekan pada bearing |
| 3 | <i>Spiral</i> | Berfungsi sebagai pengarah kawat pengelasan dari gulungan kawat |
| 4 | Selang Penghubung | Berfungsi mengalirkan kawat dari <i>Spiral</i> menuju <i>Stang Nozzle</i> |

- 5 *Stang Nozzle* Berfungsi menyediakan saluran untuk aliran gas pelindung, seperti argon atau campuran gas inert lainnya



Gambar 1. *Functional Diagram Block (FBD)*

4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional

Pada tahap ini dilakukan untuk menentukan dan mendeskripsikan masing-masing komponen untuk mengidentifikasi kegagalan fungsi. Berikut adalah kegagalan fungsi yang ada pada komponen Wire Feeder :

Tabel 8. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

| No | Komponen Mesin | Fungsi | Kegagalan Fungsi |
|----|-------------------------|--|---|
| 1 | <i>Bearing</i> | Berfungsi untuk menahan kawat las agar poros dapat berputar dengan lancar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. | Gesekan yang berlebihan dapat mempercepat keausan pada bearing |
| 2 | <i>Bearing Retainer</i> | Berfungsi menahan gesekan pada bearing | Beban yang berlebihan dapat merusak <i>bearing retainer</i> |
| 3 | <i>Spiral</i> | Berfungsi sebagai pengarah kawat pengelasan dari gulungan kawat | Gangguan pada aliran kawat yang menyebabkan kawat pengelasan terjepit atau tersangkut |
| 4 | Selang Penghubung | Berfungsi mengalirkan kawat dari <i>Spiral</i> menuju <i>Stang Nozzle</i> | Terjadi penyumbatan pada selang penghubung |
| 5 | <i>Stang Nozzle</i> | Berfungsi menyediakan saluran untuk aliran gas pelindung, seperti argon atau campuran gas inert lainnya | Suhu yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya kelonggaran pada <i>stang nozzle</i> |

5. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Tahap ini dilakukan untuk menganalisis mode kegagalan pada sistem, mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan, serta mengevaluasi dampak yang ditimbulkan terhadap komponen yang mengalami kerusakan. Analisis dilakukan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Parameter yang digunakan pada FMEA diantaranya severity, occurrence dan detection yang digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number (RPN)*. Melalui analisis ini dapat ditentukan komponen kritis mana yang paling sering mengalami kegagalan dan seberapa jauh pengaruhnya terhadap fungsi sistem. Hasil analisis ini

digunakan sebagai dasar untuk menentukan strategi pemeliharaan yang tepat untuk komponen tersebut. Tabel 9 menunjukkan hasil FMEA :

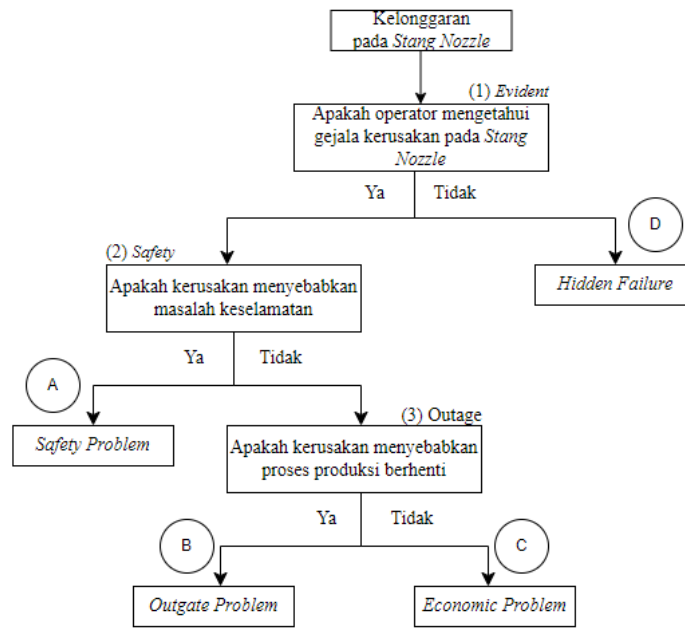
Tabel 9. *Failure Mode Effect Analysis*

| Komponen | Efek potensi dari kegagalan | Potensi penyebab | Pengendalian | S | O | D | RPN |
|-------------------------|---|---|---------------------------------|---|---|---|-----|
| <i>Bearing</i> | kerusakan poros dan putaran mesin terganggu | Bearing Aus | Menggunakan Pelumas | 7 | 7 | 3 | 147 |
| <i>Bearing Retainer</i> | getaran berlebihan pada mesin beroperasi | Beban melebihi kapasitas | Pengecekan rutin | 6 | 5 | 3 | 90 |
| <i>Spiral</i> | kawat pengelasan terjepit atau tersangkut | Penyumbatan Pada Aliran Kawat | Pembersihan dan pengecekan | 5 | 3 | 5 | 75 |
| Selang Penghubung | Peningkatan tekanan dan aliran tidak merata | Penyumbatan pada aliran <i>Stang Nozzle</i> | Memonitoring tekanan dan aliran | 5 | 3 | 4 | 40 |
| <i>Stang Nozzle</i> | Terjadi kelonggaran | Suhu yang terlalu tinggi | Mengganti komponen | 9 | 9 | 4 | 324 |

Berdasarkan tabel skala RPN di atas, diketahui bahwa komponen Bearing memiliki nilai RPN sebesar 147 dan berada pada kategori Priority Level (Acceptable Risk). Komponen *Bearing Retainer* memiliki nilai RPN sebesar 90, komponen *Spiral* sebesar 75, dan Selang Penghubung sebesar 40, yang seluruhnya juga berada pada kategori *Acceptable Risk*. Komponen *Stang Nozzle* memiliki nilai RPN 324 berada pada kategori *Priority Level (High Priority)*. Nilai RPN yang tinggi pada *Stang Nozzle* menunjukkan bahwa mode kegagalan ini memerlukan perbaikan segera, sehingga dilanjutkan dengan langkah *Logic Tree Analysis (LTA)*.

6. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Logic Tree Analysis (LTA) digunakan untuk menganalisis tingkat kekritisitas dan mengklasifikasikan setiap mode kegagalan ke dalam satu dari empat kategori sebagai berikut seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan tabel 10:



Gambar 2. Struktur Logic Tree Analysis

Tabel 10. Analisis Logic Tree Analysis

| Komponen | Kegagalan | Potensi Penyebab | Critically Analysis | | | |
|-------------------|---|--------------------------------------|---------------------|--------|--------|----------|
| | | | Evident | Safety | Outage | Category |
| Bearing | kerusakan poros dan putaran mesin terganggu | Bearing Aus | Ya | Tidak | Ya | B |
| Bearing Retainer | getaran berlebihan pada mesin beroperasi | Beban melebihi kapasitas | Ya | Tidak | Ya | B |
| Spiral | kawat pengelasan terjepit atau tersangkut | Penyumbatan Pada Aliran Kawat | Ya | Tidak | Ya | B |
| Selang Penghubung | Peningkatan tekanan dan aliran tidak merata | Penyumbatan pada aliran Stang Nozzle | Ya | Tidak | Ya | B |
| Stang Nozzle | Terjadi kelonggaran | Suhu yang terlalu tinggi | Ya | Tidak | Ya | B |

7. Task Selection

Tahap terakhir dalam penerapan metode RCM adalah *Task Selection* (pemilihan tindakan). Tahap ini menjadi dasar penentuan pemilihan tindakan pemeliharaan yang sesuai dengan mode kegagalan yang teridentifikasi. Berikut adalah rekapitulasi pemilihan Tindakan yang diperoleh dari analisis FMEA dan LTA (Tabel 11) :

Tabel 11. Rekapitulasi Pemilihan Tindakan RCM

| No | Komponen | Mode Kegagalan | RPN | LTA | Action Plan |
|----|-------------------|---|-----|-----|----------------------|
| 1 | Bearing | kerusakan poros dan putaran mesin terganggu | 147 | B | Conditional Directed |
| 2 | Retainer Bearing | getaran berlebihan pada mesin beroperasi | 90 | B | Conditional Directed |
| 3 | Spiral | kawat pengelasan terjepit atau tersangkut | 75 | B | Conditional Directed |
| 4 | Selang Penghubung | kawat pengelasan terjepit atau tersangkut | 40 | B | Conditional Directed |
| 5 | Stang Nozzle | Terjadi kelonggaran | 324 | B | Time Directed |

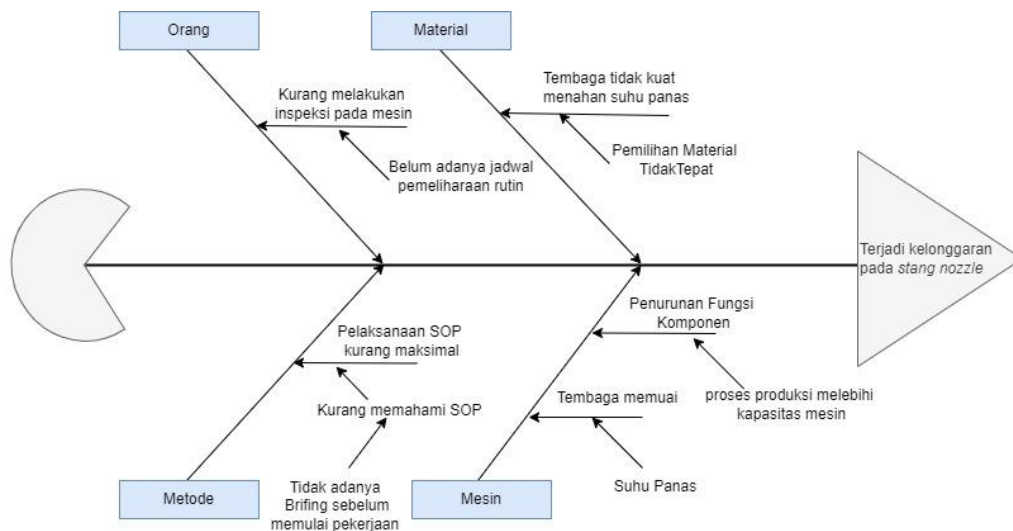
4.3. Usulan Perbaikan

Hasil analisis data menunjukkan bahwa terdapat beberapa faktor penyebab kegagalan pada mesin Rotary Welding Bode terutama pada bagian Wire Feeder yang terdiri dari Bearing, Bearing Retainer, Spiral, Selang Penghubung dan Stang Nozzle. Berdasarkan perhitungan RPN, komponen Stang Nozzle memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 324, menunjukkan tingkat risiko paling kritis. Hasil menunjukan nilai Risk Priority Number (RPN) ter

besar ada pada komponen Stang Nozzle dengan nilai RPN sebesar 324. Faktor-faktor kegagalan ini dianalisis lebih lanjut menggunakan *Fishbone Diagram* dan analisis 5W+1H sebagai berikut :

1. *Fishbone Diagram*

Berdasarkan data yang diperoleh, faktor-faktor penyebab kerusakan komponen dan kegagalan mesin dianalisis menggunakan *Fishbone Diagram*.

Gambar 3. *Fishbone Diagram*

2. 5W+1H

Analisis yang lebih mendalam dilakukan untuk mengidentifikasi tindakan perbaikan dan mengembangkan solusi untuk menurunkan tingkat kerusakan pada komponen Stang Nozzle dengan analisis 5W+1H yang ditunjukkan pada tabel 12 di bawah ini:

Tabel 12. 5W+1H

| Faktor | What | Who | Where | When | Why | How |
|-----------------|---------------------------------------|----------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---|
| Manusia | Kurang melakukan inspeksi pada mesin | Operator | Pada saat mesin akan di nyalakan | Pada saat mesin di operasikan | Belum adanya SOP Pemeliharaan mesin | Melakukan inspeksi pemeliharaan mesin yang rutin Dilakukan <i>Briefing</i> Sebelum pelaksanaan pekerjaan Melakukan pengujian material sesuai kondisi operasional Memonitoring pengaturan suhu dan performa mesin |
| Metode | Pelaksanaan SOP kurang maksimal | Operator | Pada saat mesin akan di nyalakan | Pada saat mesin di operasikan | SOP kurang jelas | Melakukan inspeksi pemeliharaan mesin yang rutin Dilakukan <i>Briefing</i> Sebelum pelaksanaan pekerjaan Melakukan pengujian material sesuai kondisi operasional Memonitoring pengaturan suhu dan performa mesin |
| Material | Tembaga tidak kuat menahan suhu panas | Operator | Mesin <i>Rotary Welding Bode</i> | Pada saat mesin beroperasi | Material tidak sesuai dengan standar | Melakukan inspeksi pemeliharaan mesin yang rutin Dilakukan <i>Briefing</i> Sebelum pelaksanaan pekerjaan Melakukan pengujian material sesuai kondisi operasional Memonitoring pengaturan suhu dan performa mesin |
| Mesin | Tembaga Memuai | Operator | Mesin <i>Rotary Welding Bode</i> | Pada saat mesin beroperasi | Suhu yang tinggi | Melakukan inspeksi pemeliharaan mesin yang rutin Dilakukan <i>Briefing</i> Sebelum pelaksanaan pekerjaan Melakukan pengujian material sesuai kondisi operasional Memonitoring pengaturan suhu dan performa mesin |

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Fishbone Diagram* dan 5W+1H, diusulkan beberapa tindakan sebagai berikut, pemeriksaan pemeliharaan rutin, melakukan briefing sebelum memulai pekerjaan, menggunakan material yang sesuai dan melakukan penggantian komponen mesin secara berkala.

V. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada mesin *Rotary Welding Bode* dari bulan Desember 2023 hingga Mei 2024, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem perawatan mesin *Rotary Welding Bode* dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), untuk mengidentifikasi komponen-komponen kritis dan menentukan strategi perawatan yang optimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa *Stang Nozzle* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu 324, yang dikategorikan berada pada *Priority Level (High Priority)*. Oleh karena itu, komponen ini memerlukan perawatan yang lebih intensif menggunakan pendekatan *Scheduled Maintenance*. Pendekatan *Conditional Guided Maintenance* direkomendasikan untuk komponen lain *Bearing, Bearing Retainer, Spiral, dan Nozzle Stang*.
2. Rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan analisis *Fishbone Diagram* dan metode 5W+1H meliputi pelaksanaan inspeksi rutin, penggunaan material yang tepat, dan menyusun *check sheet* harian untuk memantau komponen-komponen penting. Metode RCM juga direkomendasikan untuk diterapkan di seluruh perusahaan, penjadwalan intervensi pemeliharaan berkala, dan penguatan sistem dokumentasi pemeliharaan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengambilan keputusan strategis dalam perawatan mesin. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperluas analisis komponen-komponen berisiko tinggi lainnya serta memoertunbangkan implementasi teknologi real-time untuk memungkinkan diagnosis yang lebih akurat dan perawatan yang lebih efisien.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Universitas Serang Raya melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang telah mendukung sepenuhnya kegiatan penelitian ini melalui hibah internal 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Muhamamd Ryan dan Desmira, Desmira. (2024). Preventive Maintenance Mesin Filling Sachet Dalam Mengurangi Downtime Dan Menjaga Produktivitas Di PT. Centa Brasindo Abadi. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro dan Informatika*. Vol.2, No.2 Maret 2024. e-ISSN: 3031-349X; p-ISSN: 3031-500X, Hal 319-328. DOI: <https://doi.org/10.61132/jupiter.v2i2.235>
- Al-Duais, Fuad S., A.-B. A. Mohamed, Taghreed M. Jawa, dan Neveen Sayed-Ahmed. (2021) Optimal Periods of Conducting Preventive Maintenance to Reduce Expected Downtime and Its Impact on Improving Reliability. *Computational Intelligence and Neuroscience* Volume 2022, Issue 1. <https://doi.org/10.1155/2022/7105526>
- Azis, Muhammad Tahril, M. Salman Suprawhardana, dan Teguh Pudji Purwanto. (2010) Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Berbasis Web pada Sistem Pendingin Primer di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy. *Jurnal Forum Nuklir*, Vol 4 No. 1, Mei 2010. ISSN 1978-8738
- Brodny, Jaroslaw dan Magdalena Tutak. (2022). Applying Sensor-Based Information Systems to Identify Unplanned Downtime in Mining Machinery Operation. *Sensors* 2022, 22, 2127. <https://doi.org/10.3390/s22062127>
- Fahri, Fadilal, Bonar Harahap, dan Suliawati. (2025). Analisis Efektivitas Preventive Maintenance dengan Metode Periodic Inspection untuk Meningkatkan Kinerja pada Unit WA800-3. *Blend Sains Jurnal Teknik*. Vol. 3 No. 3. ISSN 2964-7347 (ONLINE)
- Febianty E, Ferdinant PF, dan Mushofik. 2016. Usulan Perencanaan Pemeliharaan Mesin Roughing Stand dengan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). *Seminar Nasional IENACO. Banten (ID): Universitas Sultang Ageng Tirtayasa*.
- Fiqam, Dzul. (2024). Otomatisasi Manufaktur: Cara Cerdas Tingkatkan Efisiensi dan Daya Saing Industri Anda. [online] <https://idstar.co.id/apa-itu-otomatisasi-manufaktur/#:~:text=Kapasitas%20produksi%20meningkat%2C%20sehingga%20memenuhi%20permintaan%20pasar%20yang%20tinggi>. Tanggal akses 22 Juli 2025
- Harpco Systems. (1990). *Get more out of your FMEA (Part I)*. Harpco Systems. [online] <https://www.harpcosystems.com/articles/get-more-out-of-your-fmea-part-i/>. Tanggal akses 23 Juli 2025
- Hashim, Hairulzawan, Amirul Syafiq Sadun, Nor Anija Jalaludin, Saranjuu Chulakit, Suziana Ahmad, Nur Aminah m Sabarudin, Muhammad Ashraf Fauzi, dan ZhiWen Wang. (2025) Development of Machine Down-Time Monitoring System for Production Line Efficiency Evaluation. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 133(1), 1–11. <https://doi.org/10.37934/aram.133.1.111>.
- Koussaimi, My Abdelbar, Driss Bouami, dan Saïd Elfezazi. (2016) Improvement maintenance implementation based on downtime analysis approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Volume 22, Issue 4. 10 October 2016
- Lu, Qiuchen, Xiang Xie, Ajith Kumar Parlikad, Jennifer Mary Schooling. (2020) *Automation in Construction* Volume 118, October 2020, 103277
- Moubray, John. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. New York : Industrial Press Inc.
- Nanda, Viskha Dwi Marcella. (2025). Pemeliharaan Korektif. [online] <https://www.diklatkerja.com/blog/pemeliharaan-korektif#:~:text=Pemeliharaan%20korektif%20adalah%20tugas%20pemeliharaan,ditetaipkan%20untuk%20operasi%20dalam%20layanan>. Tanggal Akses 22 Juli 2025
- Okwuobi, Samuel, Felix Ishola, Oluseyi Ajayi, Enesi Salawu, dan Abraham Aworinde. (2018) A Reliability-Centered Maintenance Study for an Individual Section-Forming Machine. *Machines* 2018, 6, 50; doi:10.3390/machines6040050.

- Patil, Suyog S., Anand K. Bewoor, Ravinder Kumar, Mohammad Hossein Ahmadi, Mohsen Sharifpur, dan Seepana PraveenKumar. (2022) Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach. *Sustainability* 2022, 14, 10073. <https://doi.org/10.3390/su141610073>
- Pincioli, Luca, Piero Baraldi, dan Enrico Zio. (2023) Maintenance optimization in industry 4.0. *Reliability Engineering & System Safety* Volume 234, June 2023, 109204
- Pranoto, Jeffryrardo, Nazaruddin Matondang, dan Ikhsan Siregar. (2013) Implementasi Studi Preventive Maintenance Fasilitas Produksi Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. XYZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU* Vol 1, No.3, April 2013 pp. 18-24
- Pranowo, Ignatius Derajad. (2019). *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan*. Yogyakarta : Deepublish.
- Pratama, Rizqi Aga, Yun Arifatul Fatimah, dan Tuessi Ari Purnomo. (2021). Minimasi Downtime Mesin Dryer dengan Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT Papertech Indonesia Unit II. *Borobudur Engineering Review* Vol. 1 No. 1 (2021) pp. 1-12. e-ISSN : 2777-0850
- Shi, Haohao, Ji Zhang, Enrico Zio, dan Xufeng Zhao. (2023). Opportunistic maintenance policies for multi-machine production systems with quality and availability improvement. *Reliability Engineering & System Safety* Volume 234, June 2023, 109183
- Supriyadi, Supriyadi, Resa Miftahul Jannah, Rizal Syarifuddin (2018). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Centrifugal Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Perusahaan Gula Rafinasi. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*. Volume 5 No 2.
- Tsai, Yuo-Tern, Kuo-Shong Wang, dan Lin-Chang Tsai. (2004) A study of availability-centered preventive maintenance for multi-component systems. *Reliability Engineering & System Safety* Volume 84, Issue 3, June 2004, Pages 261-270.