



Perencanaan Perawatan Mesin Building Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Achmad Muhazir¹, Zulkani Sinaga^{2*}, Resky Dwi Setyadi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Jakarta, Indonesia 12550

*Corresponding author: zulkani.sinaga@dsn.ubharajaya.ac.id, achmad.muhazir@ubharajaya.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 22-03-2024
Revision: 06-04-2024
Accepted: 26-04-2024

Keywords:

RCM
FMEA
Maintenance Cost

ABSTRACT

PT. Bridgestone Tire Indonesia is a tire manufacturing company. Machines that work continuously and lack of stock availability of machine spare parts cause damage and increase maintenance costs. To reduce the occurrence of damage and increase maintenance costs, it is necessary to have an optimal maintenance policy so that the machine can operate well. To overcome the problems in this research using the Reliability Centered Maintenance (RCM) method, the first step is determining the critical components on the machine, preparing the FMEA table based on the function data of the components and maintenance reports and calculating the Risk Priority Number (RPN), then calculating the MTTF and MTTR to determine maintenance and repair intervals and find optimal total maintenance costs. Machine building has the highest frequency of downtime so this research will focus on machine building components. The results of data processing show that the highest frequency of machine damage and total downtime is the cause of hose component failure due to poor hose quality and seal components becoming worn, causing increased frequency of damage, downtime and maintenance costs. Based on maintenance cost calculations using the RCM method, hose and seal components experienced a decrease in costs, namely hose components by 55.13% and seal components by 25.45%. The proposed building machine maintenance for hose and seal components in particular is to carry out scheduled tasks, scheduled exhaust tasks, and default actions with the task category of finding failures and results for maintenance time intervals for hose components of 280.81 hours and for seal components of 134.08 hours.

1. PENDAHULUAN

PT. Bridgestone Tire Indonesia memiliki 8 tipe mesin produksi diantaranya mesin *banburry* (*mixing*), *bead*, *calender*, *cutting*, *building*, *curing*. Dari data yang diperoleh pada periode bulan januari sampai juni tahun 2023 yang ada di PT. Bridgestone Tire Indonesia didapatkan *downtime* mesin:

Tabel 1. *Trouble Machine* di PT. Bridgestone Tahun 2023

| No | Machine | Frequency | Downtime (h) |
|----|-----------|-----------|--------------|
| 1 | Banburry | 111 | 80.87 |
| 2 | Calender | 32 | 24.46 |
| 3 | Bead | 33 | 34.78 |
| 4 | Cutting | 124 | 125.32 |
| 5 | Building | 356 | 298.25 |
| 6 | Extruding | 43 | 48.87 |
| 7 | Curing | 298 | 239.09 |
| 8 | Finishing | 22 | 13.96 |

Dari data *downtime* di atas diperoleh *downtime* tertinggi berada pada mesin *building* dengan *downtime* dari mesin *building* yaitu sebesar 298.25 jam. Berdasarkan data *downtime* dan frekuensi kerusakan yang didapat di PT. Bridgestone Tire Indonesia pada tahun 2023 selama 6 bulan didapatkan *downtime* dan frekuensi kerusakan mesin *building* adalah yang paling besar dibandingkan dengan mesin – mesin yang lain, sehingga studi kasus pada penelitian ini akan berfokus pada mesin *building*.

Proses pembuatan ban (*tire*) terdiri dari beberapa tahapan proses, yaitu proses *banbury (mixing)*, proses *bead*, proses *calender*, proses *cutting*, proses *extruding*, proses *building*, proses *curing* dan proses *finishing*. Perlu direncanakan kegiatan maintenance yang optimal pada mesin-mesin tersebut, dengan tujuan untuk mengurangi kerugian aset, menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba inventasi maksimum, menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut [6]. *Reliability Centered Maintenance* merupakan sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya. RCM berfokus pada *preventive maintenance (PM)* terhadap kegagalan yang sering terjadi [7].

metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Selain itu menerapkan analisis kuantitatif seperti Mean Time To Repair (MTTR), Mean Time To Failure (MTTF), keandalan, dan perhitungan biaya preventif. Metode ini juga melakukan analisis kualitatif seperti Functional Block Diagram (FBD), analisis mesin kritis, Fault Tree Analysis (FTA), dan Failure and Mode Effect Analysis (FMEA). Penerapan metode ini terjadi peningkatan keandalan pada sub sistem bagian press mesin produksi kertas 2 dari hanya 43% menjadi 56% [8]. Pada perusahaan PT. MTI dalam usaha menurunkan biaya perawatan dan meningkatkan produktivitas produksi menerapkan program pemeliharaan dengan menggunakan konsep RCM, menggabungkan alat FMEA dan Seven, serta mencari BEP dengan menggunakan analisis keuangan, dari hasil penelitian dapat menurunkan biaya perawatan sebesar Rp2.332.349.008,65 pada tahun pertama dan Rp8.518.599.008,65 pada tahun kedua [9].

Pada penelitian ini dilakukan untuk merencanakan interval pemeliharaan untuk komponen kritis mesin sehingga dapat meningkatkan kehandalan mesin supaya dapat mempertahankan proses produksi pada kondisi yang optimal dan dapat menurunkan biaya perawatan pada komponen mesin untuk meminimalisir biaya perawatan pada mesin [10]. Dengan RCM diharapkan dapat diketahui faktor penyebab *breakdown* pada mesin, meminimalisir biaya perawatan, membuat usulan kegiatan dan jadwal perawatan berdasarkan RCM II *Decision Worksheet* [11].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Dalam melakukan pengumpulan data untuk dianalisis, penulis melakukan beberapa cara. Diantaranya:

1. Studi Lapangan (*Survey*)
 - a. Observasi

Observasi di lapangan dilakukan untuk melihat kondisi secara aktual. Informasi yang didapat dari observasi menjadi suatu hal yang penting dalam pengumpulan data penelitian ini.
 - b. Wawancara

Wawancara langsung dengan karyawan yang terkait proses mesin building untuk mengetahui informasi tentang mesin building lebih mendalam.
2. Data Perusahaan

Data – data perusahaan dan dokumen perusahaan sangat diperlukan karena untuk mengetahui data trouble mesin, data produksi, sejarah dan struktur organisasi maupun data – data penunjang lainnya. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi :

 - a. Data mesin dan komponennya
 - b. Data *downtime*, waktu antar kerusakan (TTF), waktu antar perbaikan (TTR).
 - c. Data penyebab kegagalan beserta efek yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan.
 - d. Biaya kegagalan yang terdiri dari biaya penggantian kerusakan komponen yaitu harga komponen, biaya tenaga kerja, biaya kerugian mesin akibat kerusakan dan biaya penggantian karena program perawatan yaitu harga komponen, upah tenaga kerja dan biaya keuntungan yang hilang akibat perbaikan.

2.2. Teknik Pengolahan Data

Analisis dan pengolahan data dengan menggunakan metode RCM II sebagai berikut :

1. Menentukan komponen kritis pada mesin building dengan diagram pareto.

Komponen kritis ini ditentukan menggunakan diagram pareto, dilakukan berdasarkan pada data *downtime* dengan frekuensi terbesar.
2. Menentukan *Failure Mode & Effect Analysis*

Menentukan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), penyusunan tabel FMEA dilakukan berdasarkan data fungsi dari komponen dan laporan perawatan yang kemudian dapat ditentukan berbagai penyebab kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen, fungsi serta efek atau dampak yang ditimbulkan dari kegagalan fungsi, dengan menghitung *Risk Priority Number (RPN)*.
3. Menentukan Distribusi TTF (*Time to Failure*) & TTR (*Time to Repair*) untuk menghitung nilai MTTR (*Mean Time to*

Repair) dan MTTF (*Mean Time to Failure*).

Menentukan distribusi TTF (*Time to Failure*) dan TTR (*Time to Repair*), pemilihan distribusi yang mendasari data ini menggunakan software minitab dengan kriteria pemilihan adalah nilai statistik *Anderson – Darling* yang paling kecil. Setelah diperoleh distribusi yang sesuai, kemudian melakukan perhitungan untuk memperoleh nilai nilai MTTR (*Mean Time to Repair*) dan MTTF (*Mean Time to Failure*).

4. Menentukan biaya perawatan.

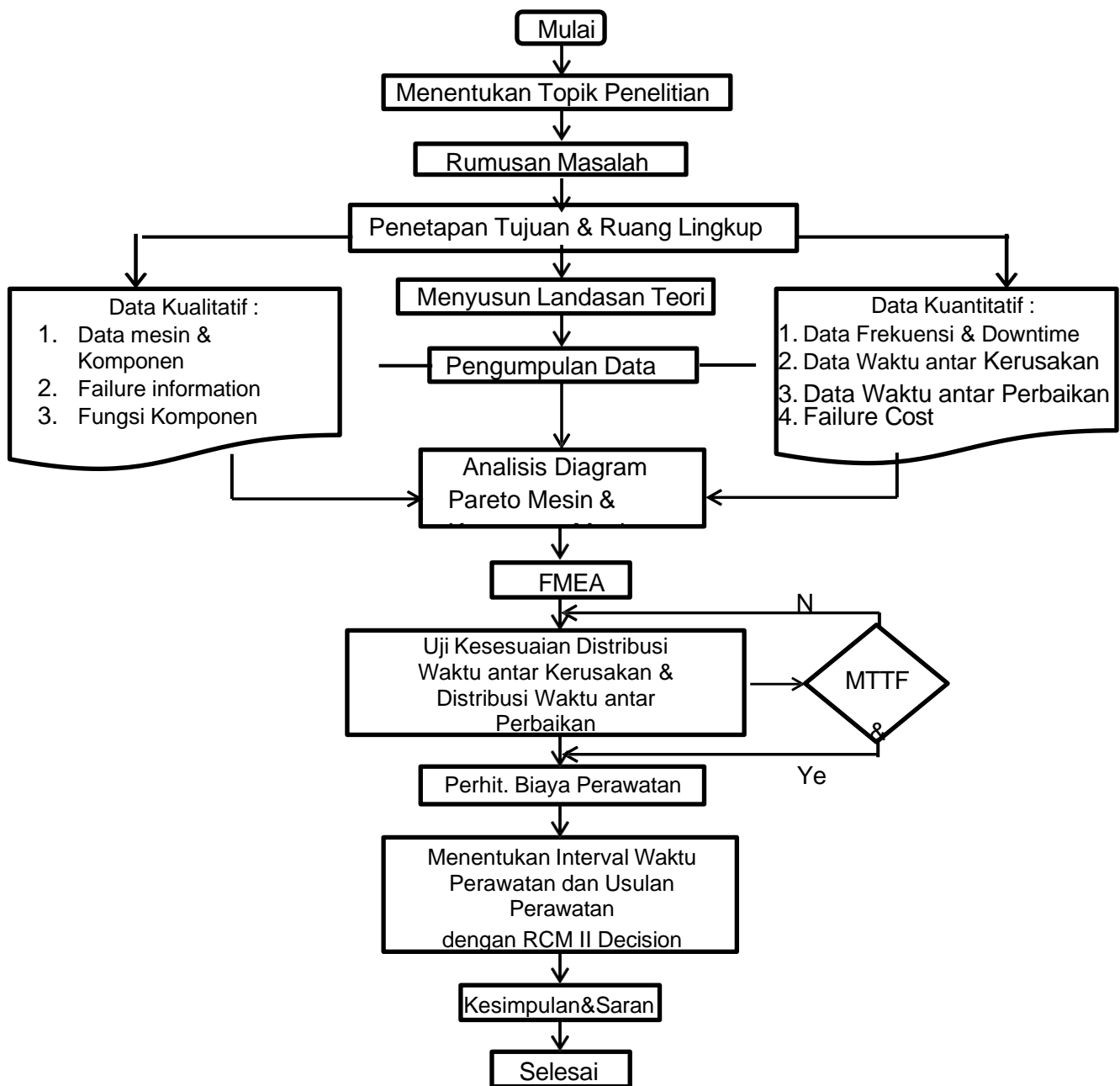
Perhitungan total biaya perawatan, setelah melakukan perhitungan MTTF dan MTTR adalah melakukan total biaya perawatan optimal. Total biaya optimal didapatkan dari total biaya terkecil dari masing – masing komponen kritis mesin building.

5. Menentukan interval perawatan

Pada tahap perhitungan total biaya perawatan optimal sekaligus dapat menentukan interval perawatan optimal dengan total biaya perawatan terkecil sebagai dasar pemilihan interval perawatan optimal.

6. Membuat suatu usulan sistem perawatan di PT. Bridgestone Tire Indonesia dengan RCM II *Decision Worksheet*.

Membuat usulan dengan menggunakan RCM II *Decision Worksheet*, untuk mencari jenis kegiatan perawatan yang tepat dan kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap jenis kerusakan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

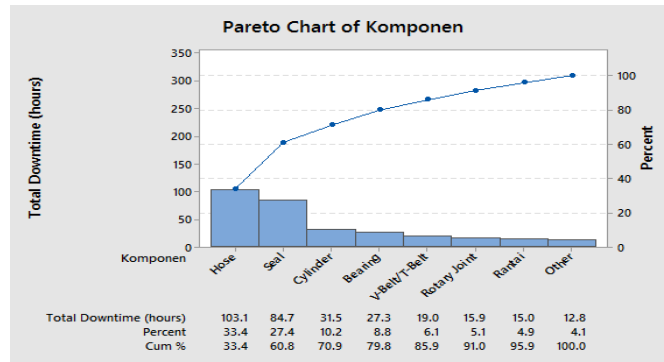
3.1. Penentuan Mesin Kritis

Penelitian ini dilakukan pada mesin *building* yang digunakan untuk penggabungan material *ply cord*, *steel cord*, *cap ply*, *bead*, *side wall* dan *tread* sehingga menjadi *green tyre (unvulcanized tyre)*. Pengelompokan komponen mesin diambil dari data kerusakan yang bisa menyebabkan berhentinya mesin pada saat sedang produksi.

Komponen yang dipilih merupakan komponen yang apabila terjadi kegagalan bisa mengganggu jalannya produksi dan menyebabkan mesin berhenti untuk berproduksi. Berdasarkan data *record trouble* pada tahun 2023 selama 6 bulan terdapat 8 komponen yang menyebabkan berhentinya mesin pada saat terjadinya kegagalan. Datanya ialah sebagai berikut :

Tabel 2. Komponen Kritis Mesin *Building*

| No | Komponen | Frequency Kegagalan | Total Downtime (Jam) |
|----|---------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Hose | 112 | 103.12 |
| 2 | Seal | 86 | 84.73 |
| 3 | Cylinder | 56 | 31.5 |
| 4 | Bearing | 48 | 27.25 |
| 5 | V-Belt/T-Belt | 24 | 19 |
| 6 | Rotary Joint | 18 | 15.85 |
| 7 | Rantai | 18 | 15 |
| 8 | Gear | 16 | 12.75 |



Gambar 2. Diagram Pareto Komponen Kritis Mesin *Building*

Dari analisis diagram pareto di atas diketahui bahwa terdapat 2 komponen dengan hasil *downtime* paling tinggi, yaitu komponen *hose* dan *seal*. Kedua komponen inilah yang akan diteliti lebih lanjut untuk ditentukan kebijakan perawatan dan *interval preventive maintenance* yang tepat bagi masing-masing komponen tersebut.

3.2. Penyusunan FMEA di Mesin Building

FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*) digunakan untuk mencari apa penyebab dan efek apa yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi pada mesin *building*, berikut analisa FMEA pada mesin *building*:

Tabel 3. *Failure Mode Effect and Analysis* Komponen *Hose* dan *Seal*

| Komponen | Fungsi | Kegagalan Fungsi | Penyebab Kegagalan | Efek Kegagalan |
|----------|--|--------------------------|---------------------------|---|
| 1. Hose | Penghubung dalam sistem <i>hydraulic</i> | <i>Gas leak down</i> | Kualitas Hose Tidak Bagus | Frekuensi kerusakan dan <i>downtime</i> meningkat |
| | | | <i>Lifetime</i> habis | Biaya pemeliharaan meningkat |
| 2. Seal | Mencegah kebocoran <i>Hydraulic</i> | Seal mengalami kebocoran | Seal Aus | Frekuensi kerusakan dan <i>downtime</i> meningkat |
| | | | <i>Lifetime</i> habis | Biaya pemeliharaan meningkat |

Dari hasil analisis FMEA dari tabel diatas didapatkan 2 komponen kritis yang akan dijadwalkan interval pemeliharannya.

3.3.Perhitungan Data Waktu Kerusakan Mesin dan Perbaikan Mesin

3.3.1.Komponen Hose

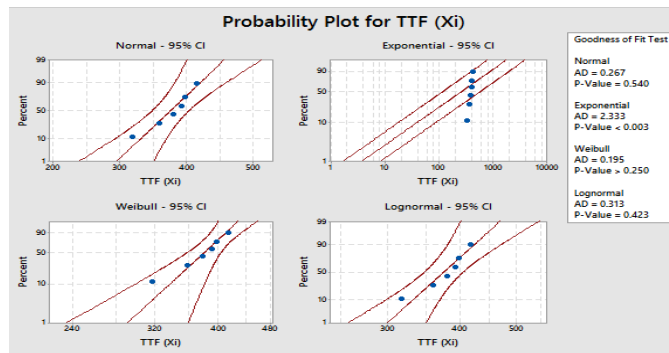
Komponen *Hose* merupakan komponen yang berfungsi sebagai penghubung dalam sistem hidrolik yang bersifat lentur dan dapat menahan getaran. Dalam data historis kerugian penghentian bulan Januari sampai Juni 2023 pada komponen *hose* terjadi 112 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 103.12 jam. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang dilakukan perbaikan. Berikut ini akan dilakukan pengolahan data terhadap data reparasi komponen hose.

Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of fit*) Komponen Hose

Pada tahap ini akan dilakukan 4 uji distribusi dari data *time to failure* (TTF) dan data *time to repair* (TTR) apakah data tersebut menunjukkan pola distribusi tertentu. Berikut adalah tabel pengolahan data *time to failure* dan *time to repair* dan hasil dari uji *goodness of fit* menggunakan software minitab 18 pada menu *Stat > Quality Tools > Individual Distribution Identification*. Dengan kriteria pemilihan adalah nilai statistik *Anderson-Darling* yang paling kecil.

Tabel 4. Waktu Kerusakan Komponen *Hose* Distribusi Weibull

| Periode | Time To Repair (TTR) | Time To Failure (TTF) |
|---------|----------------------|-----------------------|
| (i) | (Xi) | (Xi) |
| 1 | 1 | 317.12 |
| 2 | 1.75 | 358.46 |
| 3 | 2.45 | 379 |
| 4 | 2.15 | 391.48 |
| 5 | 4.1 | 397.32 |
| 6 | 1.35 | 415 |



Gambar 3. Uji *Goodness of fit* TTF Hose

Tabel 5. Distribution Identification TTF Hose

Distribution Identification for Time To Failure (TTF)

Distribution ID Plot for Time To Failure (TTF)

Descriptive Statistics

| N | N* | Mean | StDev | Median | Minimum | Maximum | Skewness | Kurtosis |
|---|----|---------|---------|--------|---------|---------|----------|----------|
| 6 | 0 | 376.397 | 34.6345 | 385.24 | 317.12 | 415 | -1.03921 | 1.00532 |

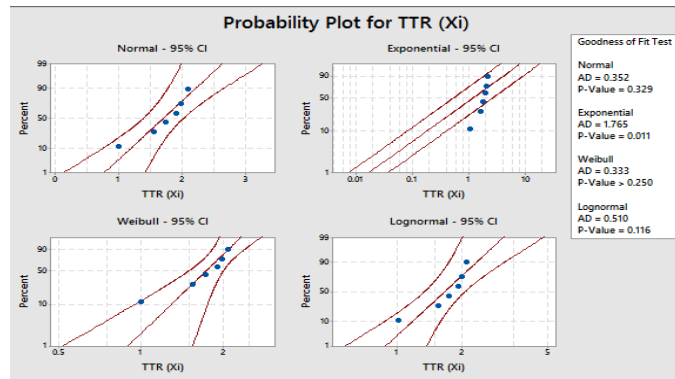
Goodness of Fit Test

| ML | Distribution | AD | P | Estimates of Distribution Parameters |
|----|--------------|-------|--------|--------------------------------------|
| | Normal | 0.267 | 0.540 | |
| | Exponential | 2.333 | <0.003 | |
| | Weibull | 0.195 | >0.250 | |
| | Lognormal | 0.313 | 0.423 | |

| Distribution | Location | Shape | Scale | Threshold |
|--------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Normal* | 376.39667 | | 34.63448 | |
| Exponential | | | 376.39667 | |
| Weibull | | 15.75031 | 390.01282 | |
| Lognormal* | 5.92693 | | 0.09562 | |

* Scale: Adjusted ML estimate

Penentuan distribusi waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan ini menggunakan software minitab 18, dimana dengan kriteria pemilihan adalah nilai statistik *Anderson-Darling* yang paling kecil. Setelah uji *goodness of fit* didapatkan hasil berdistribusi Weibull dengan nilai statistik *Anderson-Darling* AD=0.195 (TTF).



Gambar 4. Uji Goodness of fit TTR Hose

Tabel 6. Distribution Identification TTR Hose

| Distribution Identification for Time To Repair (TTR) | | | | | | | | | |
|--|----|----------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|--|
| Distribution ID Plot for Time To Repair (TTR) | | | | | | | | | |
| Descriptive Statistics | | | | | | | | | |
| N | N* | Mean | StDev | Median | Minimum | Maximum | Skewness | Kurtosis | |
| 6 | 0 | 2.13333 | 1.09666 | 1.95 | 1 | 4.1 | 1.28416 | 1.98583 | |
| Goodness of Fit Test | | | | | | | | | |
| Distribution | | AD | | P | | | | | |
| Normal | | 0.352 | | 0.329 | | | | | |
| Exponential | | 1.765 | | 0.001 | | | | | |
| Weibull | | 0.333 | | >0.250 | | | | | |
| Lognormal | | 0.510 | | 0.116 | | | | | |
| ML Estimates of Distribution Parameters | | | | | | | | | |
| Distribution | | Location | | Shape | | Scale | | Threshold | |
| Normal* | | 2.13333 | | | | 1.09666 | | | |
| Exponential | | | | | | 2.13333 | | | |
| Weibull | | | | 2.28508 | | 2.42010 | | | |
| Lognormal* | | 0.65538 | | | | 0.49110 | | | |

* Scale: Adjusted ML estimate

Setelah uji *goodness of fit* didapatkan hasil dari nilai waktu antar perbaikan (TTR) lebih kecil dibandingkan distribusi lain, yaitu berdistribusi Weibull dengan nilai statistik *Anderson-Darling* AD=0.333 (TTR).

3.3.1.1. Perhitungan Parameter TTF dan Perhitungan MTTF

Perhitungan parameter *time to failure* (TTF) komponen *hose* dengan data sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan β dan θ Distribusi Weibull TTF Hose

| Periode (i) | TTF (Xi) | ln Xi | f(ti)=(i-0.3/n+0.4) | Yi= {ln(ln(1/1-F(ti)))} | Xi.Yi | Xi² | Yi² |
|--------------|----------|-----------------|---------------------|-------------------------|-------------------|------------------|----------------|
| 1 | 317.12 | 5.75928 | 0.109375 | -2.156 | -12.41479 | 33.16930 | 4.64668 |
| 2 | 358.46 | 5.88181 | 0.265625 | -1.175 | -6.91272 | 34.59577 | 1.38126 |
| 3 | 379 | 5.93753 | 0.421875 | -0.602 | -3.571686 | 35.25433 | 0.36185 |
| 4 | 391.48 | 5.96993 | 0.578125 | -0.147 | -0.879293 | 35.64011 | 0.02169 |
| 5 | 397.32 | 5.98474 | 0.734375 | 0.282 | 1.687205 | 35.81713 | 0.07947 |
| 6 | 415 | 6.02827 | 0.890625 | 0.794 | 4.788502 | 36.34014 | 0.63097 |
| Total | | 35.56158 | | -3.003 | -17.302794 | 210.81681 | 7.12194 |

Didapat nilai β= 9.55 dan α = - 57.10 sehingga didapat nilai θ =365.33, sehingga MTTF didapat:

$$MTTF = \theta \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 365.03 \left(1 + \frac{1}{9.55}\right) = 365.03(1.10) \text{ Tabel } \Gamma = 365.03 (0.95153)$$

$$MTTF = 347.33 \text{ Jam}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas maka didapatkan MTTF komponen *hose* yaitu 347.33 jam.

3.3.1.2. Perhitungan Parameter TTR dan Perhitungan MTTR

Karena data *Time to Repair* (TTR) komponen *hose* berdistribusi Weibull, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada komponen *hose* dapat dihitung dengan rumus: $\Gamma\theta \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$, data *time to repair* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan β dan θ Distribusi Weibull TTR *Hose*

| Periode (i) | TTR (Xi) | ln Xi | f(ti)= (i-0.3/n+0.4) | Yi= {ln(ln(1/1-F(ti)))} | Xi.Yi | Xi ² | Yi ² |
|----------------|-------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 1 | 0 | 0.1093 | -2.156 | 0 | 0 | 4.646680 |
| 2 | 1.75 | 0.559615 | 0.2656 | -1.175 | -0.657699 | 0.313169 | 1.381260 |
| 3 | 2.45 | 0.896088 | 0.4218 | -0.602 | -0.539035 | 0.802973 | 0.361854 |
| 4 | 2.15 | 0.765467 | 0.5781 | -0.147 | -0.112743 | 0.585941 | 0.021693 |
| 5 | 4.1 | 1.410986 | 0.7343 | 0.282 | 0.397782 | 1.990884 | 0.079477 |
| 6 | 1.35 | 0.300104 | 0.8906 | 0.794 | 0.238385 | 0.090062 | 0.630976 |
| Total | | 3.932263 | | -3.003 | -0.673311 | 3.783031 | 7.121942 |

Didapat nilai $\beta = 1.07$ dan $\alpha = -1.02$ sehingga didapat nilai $\theta = 3.06$, sehingga MTTR didapat:

$$MTTR = \Gamma\theta \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 3.06 \left(1 + \frac{1}{1.07}\right) = 3.06 (1.93) \text{ Tabel } \Gamma = = 3.06 (0.97240)$$

$$MTTR = 2,97 \text{ Jam}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas maka didapatkan MTTR komponen *hose* yaitu 2.97 jam.

3.3.2. *Komponen Seal*

Komponen *seal* merupakan komponen yang berfungsi menjaga kebocoran pelumas dan menjaga komponen item mesin agar tidak cepat rusak. Dalam data historis kerugian penghentian Januari sampai Juni 2023 pada komponen *seal* terjadi

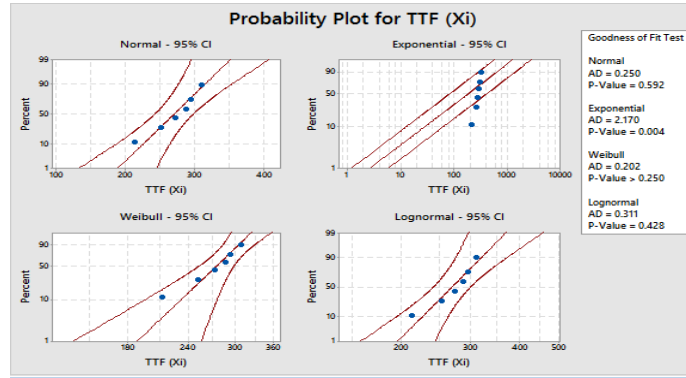
86 kali kegagalan sistem yang menyebabkan mesin berhenti berproduksi selama 84.73 jam. Hal ini sangat signifikan mengurangi jumlah produksi karena menyebabkan mesin berhenti berproduksi pada saat sedang dilakukan perbaikan. Berikut ini akan dilakukan pengolahan data terhadap data komponen *seal*.

Pengujian Kesesuaian Distribusi (Goodness of fit) Komponen Seal

Pada tahap ini sama prosedurnya dengan pengujian *komponen seal*, akan dilakukan 4 uji distribusi dari data *time to failure* (TTF) dan data *time to repair* (TTR) apakah data tersebut menunjukkan pola distribusi tertentu. Berikut adalah tabel pengolahan data *time to failure* dan *time to repair* dan hasil dari uji *goodness of fit* menggunakan software minitab 18 pada menu *Stat > Quality Tools > Individual Distribution Identification*. Dengan kriteria pemilihan adalah nilai statistik *Anderson-Darling* yang paling kecil.

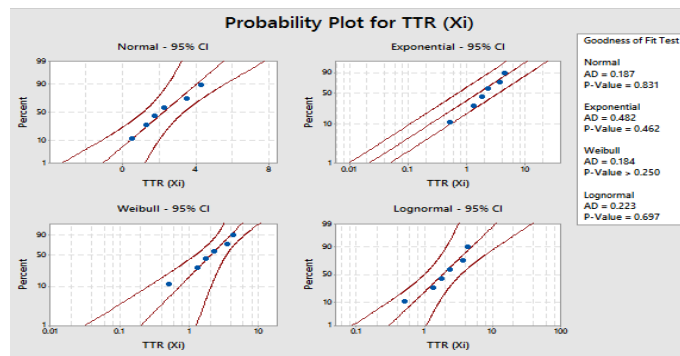
Tabel 7. Waktu Kerusakan Komponen Seal Distribusi Weibull

| Periode (i) | Time To Repair (TTR) (Xi) | Time To Failure (TTF) (Xi) |
|----------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0.5 | 212.06 |
| 2 | 1.75 | 251.17 |
| 3 | 2.25 | 272 |
| 4 | 3.5 | 286.58 |
| 5 | 1.28 | 293.18 |
| 6 | 4.25 | 309 |



Gambar 5. Uji Goodness of fit TTF Seal

Hasil dari distribution Identification for Time To Failure (TTF) Setelah uji *goodness of fit* didapatkan hasil dari nilai waktu antar kerusakan (TTF) lebih kecil dibandingkan distribusi lain, yaitu berdistribusi Weibull dengan nilai statistik Anderson-Darling AD = 0.202 (TTF).



Gambar 6. Uji Goodness of fit TTR Seal

Hasil dari distribution Identification for Time To Repair (TTR), Setelah uji *goodness of fit* didapatkan hasil dari nilai waktu antar perbaikan (TTR) lebih kecil dibandingkan distribusi lain, yaitu berdistribusi Weibull dengan nilai statistik Anderson-Darling AD=0.184 (TTR).

3.3.2.1. Perhitungan Parameter TTF dan Perhitungan MTTF

Perhitungan parameter *time to failure* (TTF) komponen *hose* dengan data sebagai berikut:

Tabel 8. Perhitungan β dan θ Distribusi Weibull TTF Seal

| Periode (i) | TTF (Xi) | ln Xi | f(ti) = (i-0.3/n+0.4) | Yi = {ln(ln(1/1-F(ti)))} | Xi.Yi | Xi ² | Yi ² |
|--------------|----------|-----------------|-----------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 212.06 | 5.35686 | 0.109375 | -2.156 | -11.54735 | 28.69604 | 4.64668 |
| 2 | 251.17 | 5.52613 | 0.265625 | -1.175 | -6.49469 | 30.53811 | 1.38126 |
| 3 | 272 | 5.60580 | 0.421875 | -0.602 | -3.37213 | 31.42501 | 0.36185 |
| 4 | 286.58 | 5.65801 | 0.578125 | -0.147 | -0.83335 | 32.01316 | 0.02169 |
| 5 | 293.18 | 5.68078 | 0.734375 | 0.282 | 1.60151 | 32.27133 | 0.07947 |
| 6 | 309 | 5.73334 | 0.890625 | 0.794 | 4.55422 | 32.87120 | 0.63097 |
| Total | | 33.56094 | | -3.003 | -16.09179 | 187.8148 | 7.12194 |

Didapat nilai β= 6.92 dan α = - 39.20 sehingga didapat nilai θ =287.14, sehingga MTTF didapat:

$$MTTF = \theta \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 287.14 \left(1 + \frac{1}{6.92}\right) = 365.0 = 287.14 (1.14) \text{ Tabel } \Gamma = 287.14 (0.93642)$$

MTTF = 268.88 Jam

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas maka didapatkan MTTF komponen seal yaitu 268.88 jam.

3.3.1.2. Perhitungan Parameter TTR dan Perhitungan MTTR

Karena data *Time to Repair* (TTR) komponen *hose* berdistribusi Weibull, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada komponen *seal* dapat dihitung dengan rumus: $\Gamma\theta \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$, data time to repair yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Perhitungan β dan θ Distribusi Weibull TTR Seal

| Periode (i) | TTR (Xi) | ln Xi | f(ti) = (i-0.3/n+0.4) | Yi = {ln(ln(1/1-F(ti)))} | Xi.Yi | Xi ² | Yi ² |
|-------------|----------|----------|-----------------------|--------------------------|----------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0.5 | -0.69314 | 0.109375 | -2.156 | 1.49415 | 0.48045 | 4.64668 |
| 2 | 1.75 | 0.55961 | 0.265625 | -1.175 | -0.65769 | 0.31316 | 1.38126 |
| 3 | 2.25 | 0.81093 | 0.421875 | -0.602 | -0.48780 | 0.65760 | 0.36185 |
| 4 | 3.5 | 1.25276 | 0.578125 | -0.147 | -0.18451 | 1.56941 | 0.02169 |
| 5 | 1.28 | 0.24686 | 0.734375 | 0.282 | 0.06959 | 0.06093 | 0.07947 |
| 6 | 4.25 | 1.44691 | 0.890625 | 0.794 | 1.14934 | 2.09357 | 0.63097 |
| Total | | 3.62394 | | -3.003 | 1.38307 | 5.17516 | 7.12194 |

Didapat nilai $\beta = 1.19$ dan $\alpha = -1.21$ sehingga didapat nilai $\theta = 2.76$, sehingga MTTR didapat:

$$MTTR = \Gamma\theta \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) = 2.76 \left(1 + \frac{1}{1.19}\right) = 2.76 (1.84) \text{ Tabel } \Gamma = = 2.76 (0.94261)$$

MTTR = 1.88 Jam

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas maka didapatkan MTTR komponen *seal* yaitu 1.88 jam.

Tabel 10. Rekapitulasi Nilai MTTF dan MTTR Komponen Kritis Mesin Building

| Komponen | MTTF (Jam) | MTTR (Jam) |
|----------|------------|------------|
| Hose | 347.33 Jam | 2.97 Jam |
| Seal | 268.88 Jam | 1.88 Jam |

3.4. Perhitungan Biaya Perawatan

3.4.1. Biaya Tenaga Kerja Perawatan

Biaya tenaga kerja merupakan biaya pekerja yang melakukan tindakan *maintenance* selama terjadi kerusakan pada mesin building. Dimana jumlah jam kerja selama 1 hari adalah 8 jam. Berikut ialah analisis perhitungan biaya tenaga kerja perawatan:

Tabel 11. Biaya Tenaga Kerja Perawatan

| Tenaga Kerja Perawatan | Biaya Per Hari | Jumlah Gaji/Jam | Jumlah Tenaga Kerja |
|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Tenaga Teknisi | Rp. 400.000 | Rp. 50.000 | 2 |
| Total | Rp. 800.000 | Rp. 100.000 | |

Dari table 11. Biaya tenaga kerja perhari karyawan bagian maintenance Rp. 400.00,- tenaga kerja pada bagian tersebut berjumlah 2 orang, sehingga biaya tenaga kerja bagian maintenance total Rp. 800.000,-.

3.4.2. Biaya Kerugian Produksi

Biaya kerugian produksi merupakan biaya yang timbul akibat adanya *downtime*. Hal ini menyebabkan perusahaan mengalami kerugian (*loss production*), karena mesin *building* tidak dapat berproduksi. Berikut ini akan dijelaskan perihal yang terjadi akibat *breakdown time* yang berpengaruh pada hasil produksi tire di mesin *building*.

Pendapatan *tire* perjam yaitu 10 pcs/jam. Harga Pokok Produksi (HPP) *tire* Rp. 900.000, maka biaya kerugian produksi perjam, sebagai berikut : $Co = \text{Pendapatan Tire perjam} \times \text{HPP Tire}$

$$Co = 10 \times 900.000 \quad Co = \text{Rp. } 9.000.000$$

3.4.3. Biaya Pergantian Komponen

Biaya ini timbul akibat adanya kerusakan pada komponen yang membutuhkan pergantian komponen pada mesin *building*, berikut ini ialah datanya :

Tabel 12. Harga Komponen Untuk Perawatan Mesin Building

| No | Jenis Komponen Mesin | Harga Komponen |
|----|----------------------|----------------|
| 1 | Hose | Rp. 200000 |
| 2 | Seal | Rp. 70000 |

3.4.4. *Biaya Perbaikan*

Biaya perbaikan merupakan biaya yang dikeluarkan bila terjadi kerusakan komponen. Biaya ini meliputi biaya komponen, biaya kerugian produksi akibat penggantian dan biaya tenaga kerja perawatan.

1. *CF Corrective Hose*
 (Biaya Komponen Hose + (Biaya Teknisi + Biaya Kerugian Produksi) x tf)
 = Rp. 27.227.000
2. *CM Preventive Hose*
 (Biaya Komponen Hose + (Biaya Teknisi + Biaya Kerugian Produksi) x tp)
 = Rp. 18.400.000
3. *CF Corrective Seal*
 (Biaya Komponen Seal + (Biaya Teknisi + Biaya Kerugian Produksi) x tf)
 = Rp. 17.178.000
4. *CM Preventive Seal*
 (Biaya Komponen Seal + (Biaya Teknisi + Biaya Kerugian Produksi) x tp)
 = Rp. 9.170.000

Berikut merupakan hasil biaya perbaikan (CF) komponen mesin building :

Tabel 13. Hasil Biaya Perbaikan

| Komponen | Biaya Komponen (Rp) | Kerugian Produksi/jam | Biaya Tenaga Teknisi | Tf (jam) | CF (Rp) | CM (Rp) |
|----------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|------------|------------|
| Hose | 200.000 | 900.0000 | 100.000 | 2.97 | 27.227.000 | 18.400.000 |
| Seal | 70.000 | 900.0000 | 100.000 | 1.88 | 17.178.000 | 9.170.000 |

3.5. *Penentuan Interval Perawatan*

1. $Hose = TM = \frac{CM}{CF} \times MTTR_{hose} = 280.81 \text{ jam}$
2. $Sea l = TM = \frac{CM}{CF} \times MTTR_{seal} = 134.01 \text{ jam}$

3.6. *Biaya Perawatan Komponen Berdasarkan Interval Perawatan*

3.6.1. *Biaya Setelah dilakukan Preventive Maintenance Komponen Hose*

Penggantian komponen hose dalam waktu 6 bulan setelah dilakukan *pereventive*:

$$6 \text{ bulan} = 24 \text{ jam} \times 60 \text{ hari} = \frac{4320 \text{ jam}}{20.81 \text{ jam}} = 15 \text{ kali pergantian komponen Hose}$$

maka: $H(tp) = 0.15$

$$\frac{cp}{tp} = 200.000 \times 15 = \text{Rp. } 3.000.000,-$$

$$Cf = 27.227.000$$

$$Cf \times H(tp) = 27.227.000 \times 0.15 = \text{Rp. } 4.048.050$$

$$\text{Cost dalam 6 bulan} = \frac{cp}{tp} \times [Cf \times H(tp)] = \text{Rp. } 7.084.050,-$$

3.6.2. *Biaya Setelah dilakukan Preventive Maintenance Komponen Seal*

Penggantian komponen hose dalam waktu 6 bulan setelah dilakukan *pereventive*:

$$6 \text{ bulan} = 24 \text{ jam} \times 60 \text{ hari} = \frac{4320 \text{ jam}}{134.08 \text{ jam}} = 32 \text{ kali pergantian komponen Seal}$$

Maka: $H(tp) = 0.32$

$$\frac{cp}{tp} = 70.000 \times 32 = \text{Rp. } 2.240.000,-$$

$$Cf = 17.178.000$$

$$Cf \times H(tp) = 17.178.000 \times 0.32 = \text{Rp. } 5.496.960$$

$$\text{Cost dalam 6 bulan} = \frac{cp}{tp} \times [Cf \times H(tp)] = \text{Rp. } 7.736.960,-$$

3.7. *Perbandingan Biaya Perawatan*

Berikut ialah hasil perbandingan dari biaya perawatan dari metode Perusahaan dengan usulan metode RCM II:

Tabel 14. Perbandingan Biaya Perawatan Mesin Building

| Komponen | Metode Perusahaan | Usulan Perkiraan Perawatan Metode RCM II | Penurunan Biaya | Presentase Penurunan Biaya Perawatan |
|--------------|-----------------------|--|-----------------------|--------------------------------------|
| Hose | Rp. 15.789.072 | Rp. 7.084.050 | Rp. 8.705.022 | 55,13 % |
| Seal | Rp. 10.379.000 | Rp. 7.736.960 | Rp. 2.642.040 | 25,45 % |
| Total | Rp. 26.168.072 | Rp. 14.821.010 | Rp. 11.347.062 | |

Dari tabel 14. Menunjukkan terjadi penurunan biaya perawatan untuk komponen hose sekitar 55,13% dan pada komponen seal 25,45%.

3.8.Usulan Perawatan

Berdasarkan interval waktu dan biaya perawatan yang diperoleh, bahwa tindakan yang harus dilakukan untuk setiap komponen yang sering mengalami kerusakan seperti komponen *hose* dan *seal*, yaitu :

1. *On Condition Task*, komponen hose dan seal akan dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan sehingga bisa diambil suatu tindakan yang bisa mencegah terjadinya *function failure* (kegagalan fungsi) pada komponen *hose* dan *seal*.
2. *Scheduled discard task* (Penggantian item terjadwal), pada *scheduled* ini membutuhkan tindakan perawatan yang dapat mengurangi kemacetan produksi, biaya perbaikan dan mengurangi gangguan-gangguan yang menghambat pelaksanaan produksi, yaitu dengan mengganti komponen *hose* dan *seal* dengan part yang baru.
3. *Default action* (Tindakan standar) dengan kategori *failure finding task* (Tugas menemukan kegagalan), pengecekan komponen *hose* dan *seal* secara berkala.

Maka jika usulan perawatan diatas dituangkan kedalam tabel RCM II *Decision Worksheet*, maka akan menjadi seperti berikut:

Tabel 15. RCM II *Decision Worksheet*

| RCM II DECISION WORKSHEET ©ALADON LTD | | UNIT or ITEM | | | | | | | | | | Unit or Item N ² | | Facilator : | Date | Sheet N ² | |
|---------------------------------------|----|-------------------|-------------------------|---|---|---|----------|----------|----------|----------------|----|----------------------------------|---|-------------|------|----------------------|--------------------|
| | | ITEM or COMPONENT | | | | | | | | | | Item or Component N ² | | Auditor : | Date | Of | |
| Information reference | | | Consequences evaluation | | | | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed task | | | Initial Interval | Can be Done by |
| F | FF | FM | H | S | E | O | O1 N1 | O2 N2 | O3 N3 | H4 | H5 | S4 | | | | | |
| 1 | A | 2 | Y | N | N | Y | Y | N | N | | | | 1. <i>Scheduled On Condition Task</i> 2. <i>Scheduled Discard Task</i> 3. <i>Default Action</i> dengan kategori <i>Failure Finding Task</i> | | | 280.81 Jam | Operator & Mekanik |
| 1 | A | 2 | Y | N | N | Y | Y | N | N | | | | 1. <i>Scheduled On Condition Task</i> 2. <i>Scheduled Discard Task</i> 3. <i>Default Action</i> dengan kategori <i>Failure Finding Task</i> | | | 134.08 Jam | Operator & Mekanik |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Kegagalan pada komponen *hose* terjadi dikarenakan kualitas *hose* yang tidak bagus dan habisnya masa *lifetime* komponen *hose*, menyebabkan meningkatnya frekuensi kerusakan, *downtime* dan biaya perawatan. Sedangkan kegagalan pada komponen *seal* terjadi dikarenakan *seal* menjadi aus dan habisnya masa *lifetime* komponen *seal*, menyebabkan meningkatnya frekuensi kerusakan, *downtime* dan biaya perawatan. Berdasarkan hasil perhitungan biaya perawatan dengan menggunakan metode RCM, komponen *hose* dan *seal* masing – masing mengalami penurunan biaya, komponen *hose* sebesar 55,13% dan komponen *seal* sebesar 25,45% dan usulan perawatan mesin *building* terhadap komponen *hose* dan *seal* secara khusus adalah dengan melakukan tindakan *scheduled on condition task* (tugas kondisi pemeriksaan dan pendekatan), *scheduled discard task* (penggantian item terjadwal) dan *default action* (tindakan standar) dengan kategori *failure finding task* (tugas menemukan kegagalan) dan jadwal perawatan komponen *hose* 280,81 jam dan komponen *seal* 134,08 jam.

REFERENCES

- [1] Kirana, U.T., Alhilman, J., Sutrisno (2016). Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin CORAZZA FF100 Pada Line 3 PT XYZ dengan Metode Reability Centered Maintenance (RCM) II. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, 3(1), 47-53.
- [2] Jardine, A.K.S., Tsang, A.H.C. (2006). *Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Application* (2nd ed). CRC Press: New York.
- [3] Gupta, G, Mishra, P., Singhvi, P. (2016). An Application of Reliability Centered Maintenance Using RPN Mean and Range on Conventional Lathe Machine. *International Journal of Reability: Quality and Safety Engineering*, 23(6), 1-10.
- [4] Ansori, N. & Mustajib, M. I. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance Sistem)*. Yogyakarta. Graha ilmu.
- [5] Astarini, L. A. A. D. & Haryono (2015). *Analisis Reliabilitas dan Availabilitas Pada Mesin Produksi dengan Sistem Seri Menggunakan Pendekatan Analisis Markov*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1), 2337-3520.
- [6] Daryus, Asyari. 2008. *Diktat kuliah Proses produksi*. Jakarta: Fakultas. Teknik Universitas Darma Persada.
- [7] Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. USA: CRC Press LLC.
- [8] Hamdi, Azwir et.al. (2020). *Manajemen Perawatan Menggunakan Metode RCM di Mesin Produksi Kertas*, *Jurnal Optimisasi Sistem Industri*, vol 10 No.1, 12-21
- [9] Muslih, Muhammad., et.al. (2021). *Enhancing Maintenance Management System Using Reliability Centered Maintenance (RCM) Case Study Curing Tire Section in Leading Tire Manufacturer*, Conference: Proceedings of The Conference on Management and Engineering in Industry. Volume: 3
- [10] Kurniawan, F. (2013). *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Yogyakarta. Graha ilmu.
- [11] Syahrudin (2013). *Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan yang Optimal di PLTD "X"*. *Jurnal Teknologi Terpadu* 1(1), 2338- 6649.
- [12] Gunawan, C.D. & Bisono, I. (2016). Peningkatan Keakuratan Inspeksi Subdepartment Quality Control Incoming. *Jurnal Titra*, 4(2), 177-182.
- [13] M. Riseno Rasindyo , Kusmaningrum & Yanti Helianty (2015). *Analisis Kebijakan Perawatan Mesin Cincinnati dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance di PT. Dirgantara Indonesia*. *Jurnal Teknik Industri ITS*, 3(1), 2338- 5081.
- [14] Mardianto. 2010. *"Analisa Total Productive Maintenance (TPM) Dengan Pendekatan Model Preventive Maintenance Smith and Dekker Pada Komponen Kritis (Studi Kasus di PT. Geodipa Energi Unit Dieng)"*. Skripsi. Institut Sains dan Teknologi Akprind.
- [15] Mohammad Tahril Azia, M. Salman Supra Whardana, dan Teguh pudji Purwanto., 2009, *"Penerapan metode reliability Centered Maintance berbasis web pada systempendingin primer di reaktor serba guna G.A Siwabessy"*. Seminar nasional V teknologi nuklir 2009, 343-354. 5 November, Jogjakarta.