



**PENERAPAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*
(RCM) PADA MESIN *CAKE BREAKER CONVEYOR* DI PABRIK KELAPA SAWIT (PKS)**

Legisnal Hakim¹, Sunaryo², Denur³, Ari Andriyas Puji³

^{1,2)} Dosen Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

³⁾ Dosen Prodi Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

⁴⁾ Dosen Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau

Email: sunaryo@umri.ac.id, legisnal hakim@umri.ac.id, denur@umri.ac.id, Andriyasari@umri.ac.id

ABSTRAK

Oil palm plantations and their processing units are expected to grow rapidly, advances in science and technology are very fast along with sophisticated equipment created to simplify and speed up a production process in a palm oil factory, one of which is the Cake Breaker Conveyor (CBC) which functions to break/separate oil palm kernels. core of the shell in oil palm kernel processing. Problems that often occur in the process of separating pulp with palm kernel are in the transfer Cake Breaker Conveyor (CBC). This study tries to propose a machine maintenance system using the application of the RCM (Reliability Centered Maintenance) method on the CBC Cake Breaker Conveyor machine, where the RCM (Reliability Centered Maintenance) method is an identification technique with the intention of saving costs and maintenance to minimize the risk and impact of failure. in facilities and equipment utilities. From the test results the Mean Time to Failure (MTTF) value of the CBC engine clutch (Cake Breaker Conveyor) is 1,803 Hours. While the calculation results of the Mean Time to Repair (MTTR) value of the CBC engine clutch (Cake Breaker Conveyor) is 4:00 Hours Types of Preventive Maintenance and Time Based Maintenance For the optimal maintenance interval for the CBC (Cake Breaker Conveyor) engine clutch is 19 days.

Keywords : *Cake Breaker Conveyor, Reliability Centered Maintenance, Palm Oil Mill*

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Perkebunan kelapa sawit dan unit pengolahannya diperkirakan semakin berkembang pesat, kemajuan ilmu teknologi sangat cepat seiring dengan peralatan canggih yang diciptakan untuk mempermudah dan mempercepat suatu proses produksi dipabrik sawit, salah satunya alat pemecah biji kelapa sawit *Cake Breaker Conveyor* (CBC) yang berfungsi memecahkan/memisahkan inti dari cangkang didalam pengolahan biji kelapa sawit.

PT. Sumber Budi Agung merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri kelapa sawit, salah satu perusahaan ini berada di Kecamatan Sei Kijang Kabupaten Pelalawan yang mengelola kelapa sawit menjadi minyak mentah kelapa sawit atau Crude Palm Oil (CPO) serta inti sawit. Pada proses pengolahan kelapa sawit PKS Bandar Sei Kijang memiliki beberapa stasiun pengolah yaitu stasiun Tandan Buah Segar, stasiun Sterilizer, stasiun Thresher, stasiun Press, stasiun Klarifikasi dan stasiun Kernel.

Setiap Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit pasti memiliki unit *Cake Breaker Conveyor* (CBC) berfungsi memecahkan gumpalan fiber dan nut (*Cake*) hasil dari keluaran press sehingga akan memudahkan pemisahan fiber dan nut pada *depericarper* (*fiber cyclone*), di CBC juga terjadi proses penguapan akibat hamburan "cake" yg terjadi selama proses transportasi. Disamping itu juga sebagai alat transportasi "cake" dari press ke *Depericarper* (nut ke polishing drum dan fibre dihisap oleh *fiber cyclone*). Jika pemisahan tidak optimal dan basah yang dapat menyebabkan fiber terikut ke polishing drum. Design CBC yang perlu diperhatikan disebabkan berpengaruh terhadap operasional adalah, *Tipping Speed* dan model daun *Conveyor*.

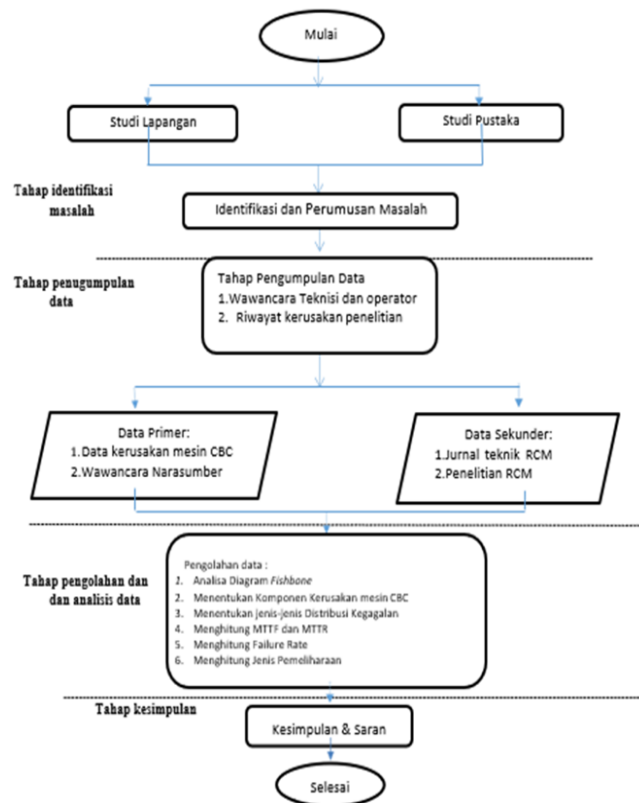
Pabrik Kelapa Sawit PT Sumber Budi Agung pada saat ini menggunakan *Breakdown aintenance*. Yaitu perbaikan yang dilakukan tanpa adanya rencana terlebih dahulu. Dimana kerusakan terjadi secara mendadak pada suatu alat mesin yang sedang beroperasi, yang mengakibatkan kerusakan bahkan hingga alat tidak dapat beroperasi.

Salah satu metode untuk mengukur keandalan atau menganalisa kerusakan yang terjadi adalah dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Cara ini adalah menganalisa kegagalan material atau proses pemeliharannya dilakukan pada saat belum terjadi kerusakan pada alat atau mesin.

Permasalahan yang sering terjadi pada mesin *Cake Breaker Conveyor* (CBC) yaitu pada unit, screw, as screw, pipa, pen, dan kopling, sesuai dengan data yang terdapat dalam catatan kerusakan di PT. SUMBER BUDI AGUNG kerusakan pertama mesin *Cake Breaker Conveyor* CBC ini pada tanggal 03 Februari 2017, dan menurut riwayat terdapat 32 kali kerusakan pada mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*) selama 3 tahun terakhir, bila terjadi kerusakan pada mesin tersebut, maka akan terjadi kegagalan pada transfer ampas kelapa sawit yang dikeluarkan dari mesin press akan menumpuk pada masing-masing terminal press, dan menghambat proses pengiriman bahan bakar ke boiler yang akan berdampak berhentinya pabrik, untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan waktu 3 jam sampai dengan 4 jam untuk memperbaiki CBC tersebut berjalan normal kembali.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk mengusulkan sistem perawatan mesin dengan menggunakan penerapan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) pada mesin CBC *Cake Breaker Conveyor*, yang mana metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) ini diharapkan bisa mencegah atau mengurangi downtime untuk merancang jadwal komponen kritis sangat diperlukan untuk menghindari hal hal yang tidak

B. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Penelitian



1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah di PT Sumber Budi Agung. Penelitian ini difokuskan pada mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*) dengan menerapkan metode *Realibility Centered Maintenance* (RCM).

2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini, mulai dilakukan dari bulan Januari 2020-Juni 2020. Penelitian ini dilakukan di pabrik kelapa sawit (PKS) PT Sumber Budi Agung yang beralamat JL. Lintas Timur Simp. Mareadan Kec. Sei Kijang Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau.

3. Sumber Data

Sumber data primer didapatkan dengan beberapa cara diantaranya adalah wawancara langsung dengan bagian operator produksi dan kepala teknisi. Selain dari hasil wawancara, data primer juga didapat dari data kerusakan peralatan selama periode 2017-2019. Untuk data sekunder didapatkan melalui beberapa kajian literatur diantaranya jurnal-jurnal dan penelitian-penelitian sebelumnya, buku serta artikel mengenai mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*) dan juga RCM untuk memberikan informasi dan membantu dalam proses penelitian.

4. Alat Pengolahan Data

Dalam melakukan pengolahan dan perhitungan data dalam penelitian ini menggunakan Microsoft Word & Excel.

D. HASIL PEMBAHASAN

PERHITUNGAN MEAN TIME TI REPAIR (MTTR)

Untuk menghitung nilai Mean Time to Repair (MTTR) terlebih dahulu menghitung nilai index of fit (r). Terdapat 4 distribusi yang dipakai dalam menentukan index of fit (r), yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan weibull. Berikut adalah perhitungan index of fit (r) dari beberapa distribusi.

1. Distribusi Normal

Berikut merupakan perhitungani = 1 dari distribusi normal :

$$xi = ti = 0.8$$

$$F(t) = i-0,3 = 1-0,3 = 0,04545$$

$$n+0,4 \quad 15+0,4$$

$$Zi = \Phi^{-1} [F(t1)] = \Phi^{-1} (0,04545) = -1.69062$$

Tabel 1. Perhitungan index of fit TTR berdasarkan distribusi normal

| I | ti | F(ti) | xi | zi | xi .zi | x ² _i | z ² _i |
|---|-----|---------|-----|----------|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.8 | 0.04545 | 0.8 | -1.69062 | -1.35250 | 0.64 | 2.85820 |
| 2 | 1.9 | 0.11039 | 1.9 | -1.22446 | -2.32647 | 3.61 | 1.49930 |
| 3 | 7.8 | 0.17532 | 7.8 | -0.93333 | -7.27998 | 60.84 | 0.87111 |
| 4 | 2.0 | 0.24026 | 2.0 | -0.70547 | -1.41093 | 4 | 0.49768 |
| 5 | 1.8 | 0.30519 | 1.8 | -0.50952 | -0.91713 | 3.24 | 0.25961 |
| 6 | 7.8 | 0.37013 | 7.8 | -0.33151 | -2.58577 | 60.84 | 0.10990 |
| 7 | 3.3 | 0.43506 | 3.3 | -0.16349 | -0.53953 | 10.89 | 0.02673 |
| 8 | 1.8 | 0.50000 | 1.8 | 0.00000 | 0.00000 | 3.24 | 0.00000 |
| 9 | 2.3 | 0.56494 | 2.3 | 0.16349 | 0.37604 | 5.29 | 0.02673 |



| | | | | | | | |
|-------|------|---------|------|---------|---------|--------|----------|
| 10 | 2.7 | 0.62987 | 2.7 | 0.33151 | 0.89508 | 7.29 | 0.10990 |
| 11 | 2.9 | 0.69481 | 2.9 | 0.50952 | 1.47760 | 8.41 | 0.25961 |
| 12 | 2.8 | 0.75974 | 2.8 | 0.70547 | 1.97531 | 7.84 | 0.49768 |
| 13 | 7.8 | 0.82468 | 7.8 | 0.93333 | 7.27998 | 60.84 | 0.87111 |
| 14 | 3.3 | 0.88961 | 3.3 | 1.22446 | 4.04071 | 10.89 | 1.49930 |
| 15 | 2.7 | 0.95455 | 2.7 | 1.69062 | 4.56468 | 7.29 | 2.85820 |
| TOTAL | 51.7 | 7.50000 | 51.7 | 0.00000 | 4.19707 | 255.15 | 12.24505 |

Tabel diatas adalah tabel perhitungan Perhitungan index of fit TTR berdasarkan distribusi normal, maka dari jumlah total didapatkanlah nilai r (koefisien korelasi/ index of fit) yaitu :

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

$$r = \frac{15 (4.19707) - (51.7)(0)}{\sqrt{[15(255.15) - (51.7)^2][15(12.24505) - (0)^2]}}$$

$$r = 0.18876$$

2. Distribusi Lognormal

$$x_i = \ln(t_i) = \ln(2) = -0.22314$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{15 + 0,4} = 0,04545$$

$$z_i - \Phi^{-1} [F(t_i)] = \Phi^{-1}(0,04545) = -1.69062$$

Tabel 2. Perhitungan index of fit TTR berdasarkan distribusi lognormal

| i | t_i | $F(t_i)$ | x_i | z_i | $x_i \cdot z_i$ | x_i^2 | z_i^2 |
|-----|-------|----------|----------|----------|-----------------|---------|---------|
| 1 | 0.8 | 0.04545 | -0.22314 | -1.69062 | 0.37725 | 0.04979 | 2.85820 |
| 2 | 1.9 | 0.11039 | 0.64185 | -1.22446 | -0.78592 | 0.41198 | 1.49930 |
| 3 | 7.8 | 0.17532 | 2.05412 | -0.93333 | -1.91718 | 4.21942 | 0.87111 |
| 4 | 2.0 | 0.24026 | 0.69315 | -0.70547 | -0.48899 | 0.48045 | 0.49768 |
| 5 | 1.8 | 0.30519 | 0.58779 | -0.50952 | -0.29949 | 0.34549 | 0.25961 |
| 6 | 7.8 | 0.37013 | 2.05412 | -0.33151 | -0.68096 | 4.21942 | 0.10990 |
| 7 | 3.3 | 0.43506 | 1.19392 | -0.16349 | -0.19520 | 1.42545 | 0.02673 |
| 8 | 1.8 | 0.50000 | 0.58779 | 0.00000 | 0.00000 | 0.34549 | 0.00000 |
| 9 | 2.3 | 0.56494 | 0.83291 | 0.16349 | 0.13618 | 0.69374 | 0.02673 |
| 10 | 2.7 | 0.62987 | 0.99325 | 0.33151 | 0.32927 | 0.98655 | 0.10990 |



| | | | | | | | |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 11 | 2.9 | 0.69481 | 1.06471 | 0.50952 | 0.54249 | 1.13361 | 0.25961 |
| 12 | 2.8 | 0.75974 | 1.02962 | 0.70547 | 0.72636 | 1.06012 | 0.49768 |
| 13 | 7.8 | 0.82468 | 2.05412 | 0.93333 | 1.91718 | 4.21942 | 0.87111 |
| 14 | 3.3 | 0.88961 | 1.19392 | 1.22446 | 1.46191 | 1.42545 | 1.49930 |
| 15 | 2.7 | 0.95455 | 0.99325 | 1.69062 | 1.67921 | 0.98655 | 2.85820 |
| TOTAL | 51.7 | 7.50000 | 15.75139 | 0.00000 | 2.80211 | 22.00294 | 12.2455 |

Tabel diatas adalah tabel perhitungan Perhitungan index of fit TTR berdasarkan distribusi lognormal, maka dari jumlah total didapatkanlah nilai r (koefisien korelasi/ index of fit) yaitu :

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

$$r = \frac{15 (2.80211) - (15.75139)(0)}{\sqrt{[15(22.00294) - (15.75139)^2][15(12.24505) - (0)^2]}}$$

$$r = 0.1235$$

3, Distribusi Eksponensial

Berikut merupakan perhitungan $i = 1$ distribusi eksponensial :

$$x_i = (t_i) = 0.8$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{15 + 0,4} = 0,04545$$

$$Y_i = \ln\left(\frac{1}{1 - F(t_i)}\right) = \left(\frac{1}{1 - 0,04545}\right) = 0,04652$$

Tabel 3. Perhitungan *index of fit* TTR berdasarkan distribusi eksponensial

| i | t_i | $F(t_i)$ | x_i | y_i | $x_i \cdot y_i$ | x_i^2 | y_i^2 |
|-----|-------|----------|-------|---------|-----------------|---------|------------|
| 1 | 0.8 | 0.04545 | 0.8 | 0.04652 | 0.03722 | 0.64 | 0.00216411 |
| 2 | 1.9 | 0.11039 | 1.9 | 0.11697 | 0.22225 | 3.61 | 0.01368237 |
| 3 | 7.8 | 0.17532 | 7.8 | 0.19277 | 1.50357 | 60.84 | 0.03715854 |
| 4 | 2.0 | 0.24026 | 2.0 | 0.27478 | 0.54956 | 4 | 0.07550332 |
| 5 | 1.8 | 0.30519 | 1.8 | 0.36412 | 0.65542 | 3.24 | 0.13258612 |
| 6 | 7.8 | 0.37013 | 7.8 | 0.46224 | 3.60548 | 60.84 | 0.21366732 |



| | | | | | | | |
|--------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------|------------------|
| 7 | 3.3 | 0.43506 | 3.3 | 0.57104 | 1.88445 | 10.89 | 0.3260918 |
| 8 | 1.8 | 0.50000 | 1.8 | 0.69315 | 1.24766 | 3.24 | 0.48045301 |
| 9 | 2.3 | 0.56494 | 2.3 | 0.83226 | 1.91420 | 5.29 | 0.69265668 |
| 10 | 2.7 | 0.62987 | 2.7 | 0.99390 | 2.68353 | 7.29 | 0.98783986 |
| 11 | 2.9 | 0.69481 | 2.9 | 1.18681 | 3.44173 | 8.41 | 1.40850611 |
| 12 | 2.8 | 0.75974 | 2.8 | 1.42603 | 3.99290 | 7.84 | 2.03357494 |
| 13 | 7.8 | 0.82468 | 7.8 | 1.74112 | 13.58070 | 60.84 | 3.03148401 |
| 14 | 3.3 | 0.88961 | 3.3 | 2.20374 | 7.27234 | 10.89 | 4.85646672 |
| 15 | 2.7 | 0.95455 | 2.7 | 3.09104 | 8.34581 | 7.29 | 9.55454345 |
| TOTAL | 51.7 | 7.50000 | 51.7 | 14.19649 | 50.93683 | 255.15 | 23.846378 |

Tabel diatas adalah tabel perhitungan Perhitungan index of fit TTR berdasarkan distribus eksponensial, maka dari jumlah total didapatkanlah nilai r (koefisien korelasi/ index of fit) yaitu :

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

$$r = \frac{15 (50.93683) - (51.7)(14.19649)}{\sqrt{[15(255.15) - (51.7)^2][15(14.19649) - (14.19649)^2]}}$$

$$r = 0.04678$$

4. Distribusi Weibull

Berikut merupakan perhitungan $i = 1$ distribusi Weibull:

$$x_i = \ln(t_i) = \ln(2) = 0,81093$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{15 + 0,4} = 0,04545$$

$$Y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - F(t_i)}\right)\right) = \left(\ln\left(\frac{1}{1 - 0,04545}\right)\right) = -3,06787$$

Tabel 4. Perhitungan *index of fit* TTR berdasarkan distribusi Weibull

| i | t_i | $F(t_i)$ | x_i | y_i | $x_i \cdot y_i$ | $\frac{2}{x_i}$ | $\frac{2}{y_i}$ |
|-----|-------|----------|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0.8 | 0.04545 | -0.22314 | -3.06787 | 0.68458 | 0.04979 | 9.41184 |
| 2 | 1.9 | 0.11039 | 0.64185 | -2.14582 | -1.37731 | 0.41198 | 4.60456 |



| | | | | | | | |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 3 | 7.8 | 0.17532 | 2.05412 | -1.64628 | -3.38166 | 4.21942 | 2.71024 |
| 4 | 2.0 | 0.24026 | 0.69315 | -1.29179 | -0.89540 | 0.48045 | 1.66872 |
| 5 | 1.8 | 0.30519 | 0.58779 | -1.01026 | -0.59382 | 0.34549 | 1.02063 |
| 6 | 7.8 | 0.37013 | 2.05412 | -0.77167 | -1.58510 | 4.21942 | 0.59547 |
| 7 | 3.3 | 0.43506 | 1.19392 | -0.56029 | -0.66894 | 1.42545 | 0.31392 |
| 8 | 1.8 | 0.50000 | 0.58779 | -0.36651 | -0.21543 | 0.34549 | 0.13433 |
| 9 | 2.3 | 0.56494 | 0.83291 | -0.18361 | -0.15293 | 0.69374 | 0.03371 |
| 10 | 2.7 | 0.62987 | 0.99325 | -0.00612 | -0.00608 | 0.98655 | 0.00004 |
| 11 | 2.9 | 0.69481 | 1.06471 | 0.17126 | 0.18235 | 1.13361 | 0.02933 |
| 12 | 2.8 | 0.75974 | 1.02962 | 0.35490 | 0.36541 | 1.06012 | 0.12595 |
| 13 | 7.8 | 0.82468 | 2.05412 | 0.55453 | 1.13907 | 4.21942 | 0.30750 |
| 14 | 3.3 | 0.88961 | 1.19392 | 0.79016 | 0.94338 | 1.42545 | 0.62435 |
| 15 | 2.7 | 0.95455 | 0.99325 | 1.12851 | 1.12089 | 0.98655 | 1.27353 |
| TOTAL | 51.7 | 7.50000 | 15.75139 | - 8.05087 | - 4.44099 | 22.00294 | 22.85412 |

Tabel diatas adalah tabel perhitungan Perhitungan index of fit TTR berdasarkan distribus Weibull, maka dari jumlah total didapatkanlah nilai r (koefisien korelasi/ index of fit) yaitu :

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

$$r = \frac{15 (-4.44099) - (51.75139)(-8.05087)}{\sqrt{[15(22.00294) - (51.75139)^2][15(22.85412) - (-8.05087)^2]}}$$

$$r = 0.18959$$

Sehingga perhitungan *index of fit* (r) yang didapat dari beberapa perhitungan distribusi adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Data nilai *index of fit* TTR

| Distribusi | <i>Index Of Fit (r)</i> |
|--------------|-------------------------|
| Normal | 0,18876 |
| Lognormal | 0,12356 |
| Eksponensial | 0,04678 |
| Weibull | 0,18959 |

Setelah dilakukan perhitungan terhadap nilai *index of fit (r)* keempat distribusi tersebut maka dipilihlah distribusi weibull karena memiliki nilai terbesar yaitu (0.18959). Sehingga rumus parameter yang digunakan untuk melakukan perhitungan MTTR dari distribusi weibull

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Komponen kritis mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*) yang didapatkan berdasarkan analisa adalah kopling mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*). Pemilihan ini didasarkan pada jumlah frekuensi kerusakan tertinggi selama 3 tahun.
2. Dari hasil perhitungan nilai Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dari kopling mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*) adalah 1.803 Jam yang artinya komponen kopling akan mengalami keusakan setelah beroperasi selama 1.803 jam, Sedangkan hasil perhitungan nilai Nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) dari kopling mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*) adalah 4,00 Jam, yang artinya waktu untuk perbaikan komponen kopling selama 4,00 jam, dan jenis pemeliharaan untu komponen kopling tersebut adalah *Reactive, Inspection dan Preventive*.
3. Untuk interval waktu pemeliharaan kopling mesin CBC (*Cake Breaker Conveyor*) optimal adalah 19 hari

DAFTAR PUSTAKA

1. Alghofari,dkk .(2006). *Perencanaan Pemeliharaan Mesin Ballmill Dengan Basis Rcm (Reliability Centered Maintenance)*.Jurnal Ilmiah Teknik Industri Vol. 5 No. 2, Des 2006.
2. Amran (2016) *penerapan dan pembuktian nilai fungsi gamma*. Jurnal Ilmiah Matematika Vol. 2 No. 1, STKIP Pembangunan Indonesia Makasar.
3. Ansori, Mustaqim. 2019. Penerapan *Reliability Centered Maintenance (Rcm) Gas Engine Mtu Type 16v Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Pltmg) Di PT. Hutan Alam Unit Kerja Pt.PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Pekanbaru*. Skirpsi Universitas Muhammadiyah Riau.
4. Ebeling, C. E. (1997) *An Introduction to Realibility and Mantainability Engineering*.
5. Lukodono,dkk. (2013). *Analisis Penerapan Metode RCM Dan MVSM Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem Maintenance (Studi Kasus PG. X)*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.1 Tahun 2013.
6. Mufarikhah,dkk (2016). *Studi Implementasi RCM untuk Peningkatan Produktivitas Dok Apung*. Jurnal Teknik Its Vol. 5, No. 2, (2016) Issn: 2337-3539(Studi Kasus: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)..
7. Ratna &Sudiyono .2015. *Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (Studi Kasus: PLTU Paiton Unit 3)*. JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 1, (2015) ISSN: 2337-3539.
8. Sudrajat, A. 2011, *Pedoman Praktis: Manajemen Perawatan Mesin Industri*, Bandung.
9. Smith, A.M., & Hinchliffle, G. R (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance* . London: Elsevier Inc
10. Syahrudin .2018. *Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan*
11. Wignjosobroto, Sritomo, 2008. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Guna Widya. Jakarta