

ANALISIS INTERVAL PENGGANTIAN KOMPONEN *KNIFE STEEL* PADA MESIN *CANE KNIFE* TEBU DI PABRIK GULA GEMPOLKREP MOJOKERTO

Rizky Pratama Putra , I Nyoman Lokajaya

Fakultas Teknik Industri Universitas 17 Agustus 1945

rizkygterlantar29@gmail.com , lokajaya@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

PT. Sinergi Gula Nusantara Pabrik Gula Gempolkrep merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi gula. Beralamat di Jalan Raya Gempolkrep, Suko Sewu, Kec. Gedek, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Pabrik Gula yang dimulai beroperasi pada tahun 1889 hingga sekarang. Secara fungsional, sistem kerja Pabrik Gula dibagi menjadi dua bagian yaitu proses produksi yang dilakukan setiap enam bulan sekali dan berlangsung selama 4-6 bulan. Sedangkan enam bulan sisanya digunakan untuk persiapan mesin, perawatan dan penggantian secara total (*Overhaul*) pada mesin untuk proses produksi selanjutnya. Sering terjadi masalah pada saat musim giling terutama di area stasiun *Diffuser*. Hal ini disebabkan adanya perbaikan atau penggantian pisau akibat adanya kerusakan pada mesin sehingga menyebabkan terhentinya proses produksi. Ketika mesin tiba-tiba mengalami kerusakan selama proses produksi, sehingga biaya berupa kerugian akibat kehilangan kesempatan produksi dapat meningkat. Semakin berat dan semakin banyak pisau yang rusak, maka proses penggantian akan semakin lama. Menggantinya terlalu sering mengganggu proses produksi dan biaya perawatan menjadi tinggi. Dengan menggunakan program metode *Age Replacement* diharapkan memberikan informasi mengetahui waktu penggantian pisau pada mesin *Cane Knife* tebu yang bertujuan untuk menghindari terjadinya kerusakan secara tiba-tiba saat proses giling berlangsung. Dan diharapkan perusahaan pengeluaran biaya perawatannya tidak menjadi tinggi.

Kata-kata kunci : Waktu Penggantian, Biaya Perawatan, *Age Replacement*

ABSTRACT

PT. Archipelago Sugar Synergy Sugar Factory Gempolkrep is a company engaged in the production of sugar. Located at Jalan Raya Gempolkrep, Suko Sewu, Kec. Gedek, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Sugar factory started operating in 1889 until now. Functionally, Sugar Factory's work system is divided into two parts, Namely the production process which is carried out every six months and lasts for four until six months. While the remaining six months

are used for machine preparation, maintenance and total replacement (*Overhaul*) on the machine for the next production process. Problems often occur during the milling season, especially in the station area *Diffuser*. In the subject matter the machine under study is machinery *Cane Knife Sugarcane*. This is due to the repair or replacement of blades due to damage to the machine causing the production process to stop. When the machine suddenly breaks down during the production process, so that costs in the form of losses due to lost production opportunities can increase. The heavier and more broken blade, the replacement process will take longer. Replacing it too often disrupts the production process and maintenance costs are high. By using the program method *Age Replacement* expected to provide information about the time to replace the knife on the machine *Cane Knife Sugarcane* which aims to avoid sudden damage during the milling process. And it is hoped that the company's maintenance costs will not be high

Keywords : Replacement Time, Maintenance Costs, Age Replacement

PENDAHULUAN

Pabrik Gula Gempolkrep merupakan bagian dari Sinergi Gula Nusantara. Pabrik gula ini berlokasi di Jalan Raya Gempolkrep, Suko Sewu, Kecamatan Gedek, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur, didirikan pada tanggal 6 November 1889. Pabrik Gula Gempolkrep merupakan salah satu perusahaan gula yang bergerak di bidang produksi gula. Secara fungsional, sistem kerja PG Gempolkrep dibagi menjadi dua bagian yaitu proses produksi yang dilakukan setiap enam bulan sekali dan berlangsung selama 4-6 bulan. Sedangkan enam bulan sisanya digunakan untuk persiapan mesin, perawatan dan penggantian secara total (*Overhaul*) pada mesin untuk proses produksi selanjutnya.

Proses produksi Pabrik Gula Gempolkrep terdiri dari tahap awal bahan baku, dilanjutkan dengan proses penggilingan, pemurnian, penguapan, masakan, puteran, pengeringan dan pendinginan. Setelah semuanya selesai selanjutnya proses pengemasan. Pabrik Gula Gempolkrep memiliki 6 stasiun produksi dalam proses produksinya, salah satunya adalah stasiun *diffuser*. Pada stasiun *diffuser* mesin melakukan proses ekstraksi nira dalam beberapa proses, dimulai dengan mengantarkan tebu ke meja tebu, yang kemudian dibawa ke mesin *cane knife* untuk dicacah, setelah itu hasil cacahan tebu ditumbuk di *hammer mill* sebelum digiling di mesin gilingan (*dry mill*) untuk diambil niranya. Oleh karena itu, peran mesin sangat berpengaruh terhadap kelangsungan proses produksi.

Permasalahan yang terjadi, pada saat musim giling terutama di area stasiun *diffuser* masih sering terjadi kerusakan secara tiba-tiba dan dilakukan perbaikan atau penggantian komponen *knife steel* pada mesin *cane knife*, meskipun pada saat persiapan mesin, perawatan dan penggantian secara total (*Overhaul*) telah dilakukan penggantian komponen *knife steel*. Kejadian kerusakan tersebut menyebabkan terhentinya proses produksi, sehingga kerugian akibat kehilangan kesempatan produksi meningkat.

Pada mesin *cane knife* terdapat komponen *knife steel 1* dan *knife steel 2*. *Knife steel 1* berfungsi sebagai pencacah tebu yang dapat membantu menghancurkan potongan tebu hingga berukuran 30-40 cm. Sedangkan *knife steel 2* berfungsi menghancurkan potongan tebu hingga berukuran 10 cm, berupa ampas kasar. Keuntungan *knife steel* tebu adalah mendukung dan meningkatkan kapasitas produksi serta membantu dan memudahkan mesin giling untuk mengekstraksi tebu dengan cara memecah kulit tebu (Hugot, 1986).

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan data historis yang menggambarkan perencanaan *maintenance* mesin *cane knife* pada stasiun gilingan. Penelitian ini dilakukan di PT. Sinergi Gula Nusantara PG. Gempolkrep pada bulan Januari 2023. Rancangan penelitian ini dimulai dengan melakukan survey dan mencari literatur mengenai penggunaan *knife steel* yang kemudian digunakan untuk merumuskan suatu permasalahan. Setelah masalah dirumuskan, maka dilanjutkan dengan pengambilan data berupa waktu penggantian *knife steel* pada mesin *cane knife*, biaya pemeliharaan dan penggantian, dan reliabilitas *knife steel* yang ditetapkan perusahaan. Data tersebut dianalisis untuk menentukan *interval* waktu *optimum* penggantian *knife steel* pada mesin *cane knife*.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi variabel bebas, dan terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu atau jadwal penggantian *knife steel* pada mesin *cane knife*. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah biaya perawatan *knife steel* pada mesin *cane knife* (*cost maintenance*) dan *reliability* dan penjadwalan penggantian komponen *knife steel 1* dan *knife steel 2* pada mesin *cane knife*.

Selama proses penelitian, data dikumpulkan melalui observasi dan wawancara. Metode observasi digunakan untuk mengamati kondisi *maintenance* secara umum dan *maintenance* komponen *knife steel* pada mesin *cane knife*. Metode wawancara digunakan untuk menunjang hasil observasi. Kemudian data yang diperoleh dianalisis yang meliputi data biaya dan waktu antar kerusakan komponen *knife steel*, penentuan parameter distribusi dan distribusi data, dan biaya perawatan optimal. Analisis biaya meliputi biaya material *knife steel*, biaya perawatan pencegahan kerusakan, penggantian komponen, biaya penghematan, biaya selama waktu Overhaul, biaya perawatan mesin. Untuk penentuan parameter distribusi diawali dengan pendugaan parameter distribusi, uji kolmogrov-smirnov, pendugaan parameter distribusi, uji kesesuaian distribusi waktu antar kerusakan (*TTF*) komponen *knife steel 1* dan uji kesesuaian distribusi waktu antar kerusakan (*TTF*) komponen *knife steel 2*, uji kesesuaian distribusi waktu perbaikan (*TTR*) komponen *knife steel 1* dan uji kesesuaian distribusi waktu perbaikan (*TTR*) komponen *knife steel 2*, *reliability* komponen *knife steel 1* dan *reliability* komponen *knife steel 2*, perhitungan nilai rata-rata waktu antar kerusakan (*MTTF*) komponen *knife steel 1* dan perhitungan nilai rata-rata waktu antar kerusakan (*MTTF*) komponen *knife steel 2*, nilai rata-rata waktu perbaikan (*MTTR*)

komponen *knife steel* 1 dan nilai rata-rata waktu perbaikan (*MTTR*) komponen *knife steel* 2, penjadwalan penggantian komponen *knife steel* 1 dan penjadwalan komponen *knife steel* 2. Analisis data tersebut digunakan untuk menentukan *interval* waktu *optimum* penggantian komponen *knife steel* pada mesin *cane knife* sehingga dapat meminimalisir biaya *maintenance* dan tidak mengganggu proses produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di PT. Sinergi Gula Nusantara PG. Gempolkrep, maka diperoleh bahwa perbaikan komponen *knife steel* pada mesin *cane knife* saat terjadi kerusakan dapat dilakukan dengan penggantian komponen *knife steel* yang baru atau penggantian rotor. Analisis penggantian komponen *knife steel* 1 pada mesin *cane knife* dan penggantian komponen *knife steel* 2 pada mesin *cane knife* dapat diperoleh dari analisis data biaya dan waktu antar kerusakan serta lama perbaikan. Biaya yang dibutuhkan untuk penggantian komponen *knife steel* 1 pada mesin *cane knife* meliputi biaya perawatan pencegahan kerusakan (C_M), biaya penggantian komponen (C_r), biaya perawatan mesin selama waktu *overhaul*, biaya penghematan selama waktu *overhaul*. Untuk biaya perawatan pencegahan kerusakan terdiri atas penghematan biaya selama setahun sebesar Rp. 43.312.168 dari penghematan biaya selama setahun di bagi 2 karena hanya diambil selama 6 bulan selama musim giling yaitu sebesar Rp. 21.656.084, Untuk biaya penggantian komponen terdiri atas Harga satuan komponen *knife steel* Rp. 157.000, untuk berat komponen *knife steel* yaitu 2,6 kg, untuk kebutuhan tiap mesin *cane knife* yaitu 3 set, jumlah komponen *knife steel* pada mesin *cane knife* yaitu 56 unit. Sehingga biaya penggantian komponen yang dikeluarkan sebesar Rp. 68.577.600, sedangkan biaya perawatan mesin *cane knife* selama waktu *overhaul* meliputi biaya perbaikan turbin uap penggerak Rp. 25.000.000, biaya pembelian baut pisau Rp. 6.000.000 (300/unit), biaya pembelian mur Rp. 6.000.000 (300/unit), biaya perbaikan pada piringan baja Rp. 900.000, biaya pengelasan kerodong pada mesin *cane knife* 1 Rp. 48.000.000, biaya pemberian pelumas pada mesin *cane knife* 1 Rp. 30.000.000 (6 drum oli). Sehingga biaya perawatan mesin selama waktu *overhaul* yang dikeluarkan sebesar Rp. 115.900.000. Sedangkan biaya penghematan selama waktu *overhaul* meliputi biaya penghematan untuk mesin *cane knife* 1 selama 1 periode sebesar Rp. 1.170.714,97. Jadi biaya penghematan selama waktu *overhaul* sebesar Rp. 14.048.579,64 selama 12 periode. Biaya yang dibutuhkan untuk penggantian komponen *knife steel* 2 pada mesin *cane knife* meliputi biaya perawatan pencegahan kerusakan (C_M), biaya penggantian komponen (C_r), biaya perawatan mesin selama waktu *overhaul*, biaya penghematan selama waktu *overhaul*. Untuk biaya perawatan pencegahan kerusakan terdiri atas penghematan biaya selama setahun sebesar Rp. 43.312.168 dari penghematan biaya selama setahun di bagi 2 karena hanya diambil selama 6 bulan selama musim giling yaitu sebesar Rp. 21.656.084, Untuk biaya penggantian komponen terdiri atas Harga satuan komponen *knife steel* Rp. 157.000, untuk berat komponen *knife steel* yaitu 1,9 kg, untuk kebutuhan tiap mesin *cane knife* yaitu 3 set, jumlah komponen *knife steel* pada mesin *cane knife* yaitu 56 unit. Sehingga biaya penggantian komponen yang

dikeluarkan sebesar Rp. 50.114.400, sedangkan biaya perawatan mesin *cane knife* selama waktu *overhaul* meliputi biaya perbaikan turbin uap penggerak Rp. 25.000.000, biaya pembelian baut pisau Rp. 6.000.000 (300/unit), biaya pembelian mur Rp. 6.000.000 (300/unit), biaya perbaikan pada piringan baja Rp. 900.000, biaya pengelasan kerodong pada mesin *cane knife 2* Rp. 48.000.000, biaya pemberian pelumas pada mesin *cane knife 2* Rp. 30.000.000 (6 drum oli). Sehingga biaya perawatan mesin selama waktu *overhaul* yang dikeluarkan sebesar Rp. 115.900.000. Sedangkan biaya penghematan selama waktu *overhaul* meliputi biaya penghematan untuk mesin *cane knife 2* selama 1 periode sebesar Rp. 1.170.714,97. Jadi biaya penghematan selama waktu *overhaul* sebesar Rp. 14.048.579,64 selama 12 periode. Untuk data waktu antar kerusakan dan lama perbaikan komponen *knife steel 1* pada mesin *cane knife 1* dan komponen *knife steel 2* pada mesin *cane knife 2* dalam satuan hari serta waktu perbaikan dalam satuan jam dapat dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Waktu Antar Kerusakan Dan Lama Perbaikan Komponen *Knife Steel 1* Pada Mesin *Cane Knife 1*

No.	Tanggal Kerusakan	Waktu <i>Downtime</i> Awal	Waktu <i>Downtime</i> Akhir	Waktu <i>Downtime</i> (Menit)	<i>Downtime</i>	
					TTR (Jam)	TTF (Hari)
1.	06/05/2022	12.02	13.09	67	1,11	0
2.	12/06/2022	09.57	11.01	64	1,06	26
3.	02/07/2022	10.02	10.57	55	0,91	16
4.	30/07/2022	13.32	13.21	49	0,81	24
5.	18/08/2022	13.35	14.32	57	0,95	15
6.	19/09/2022	11.55	12.57	62	1,03	26
7.	11/10/2022	11.27	12.28	61	1,01	17
Jumlah		81,1	87,05	415	6,88	124

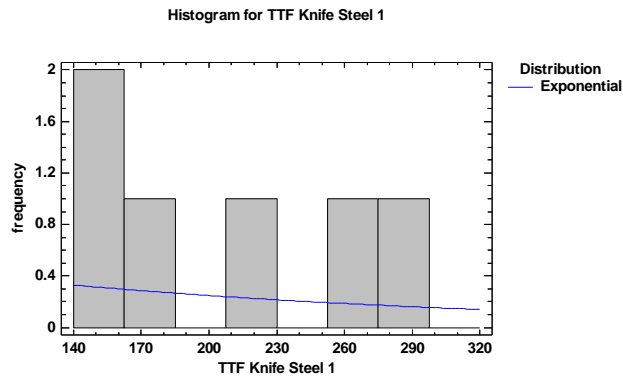
Tabel 2. Data Waktu Antar Kerusakan Dan Lama Perbaikan Komponen *Knife Steel 2* Pada Mesin *Cane Knife 2*

No.	Tanggal Kerusakan	Waktu <i>Downtime</i> Awal	Waktu <i>Downtime</i> Akhir	Waktu <i>Downtime</i> (Menit)	<i>Downtime</i>	
					TTR (Jam)	TTF (Hari)
1.	04/06/2022	09.30	10.24	54	1,11	0
2.	11/08/2022	08.16	09.14	58	1,06	68
3.	08/09/2022	14.01	15.08	67	1,03	28
4.	28/10/2022	14.28	15.03	35	1,01	50
Jumlah		45,75	49,49	214	4,21	146

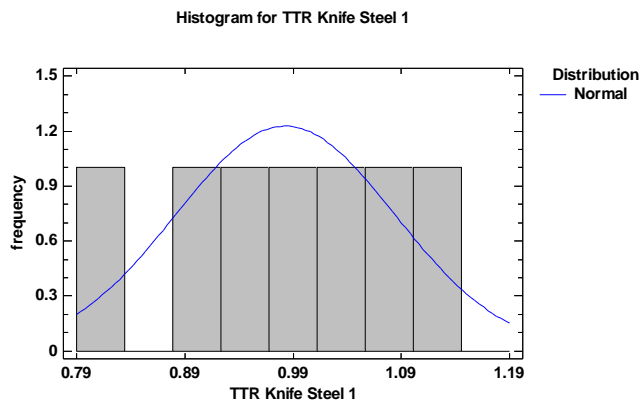
Data waktu antar kerusakan dan lama perbaikan ini yang akan digunakan untuk menganalisis *interval* penggantian komponen *knife steel* pada mesin *cane knife* sesuai

ketentuan *reliability*. Untuk tahap awal, terlebih dahulu harus menentukan parameter distribusi dan distribusi data. Penentuan distribusi data dapat diperoleh dari pendugaan awal distribusi dan uji Kolmogrov-Smirnov waktu antar kerusakan dan lama perbaikan. Hasil yang diperoleh untuk komponen *knife steel 1* menyatakan bahwa distribusi data tersebut menggunakan distribusi eksponensial. Diketahui parameter distribusi eksponensial (β) dapat menggunakan software *Statgraphics*. Kemudian, untuk menentukan lama perbaikan pada komponen *knife steel 1* yang diketahui parameter distribusi normal (μ) dan standart deviation (σ) yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Gambar 1. Grafik Histogram Waktu Antar Kerusakan Komponen *Knife Steel 1*



Gambar 2. Grafik Histogram Waktu Perbaikan Komponen *Knife Steel 1*

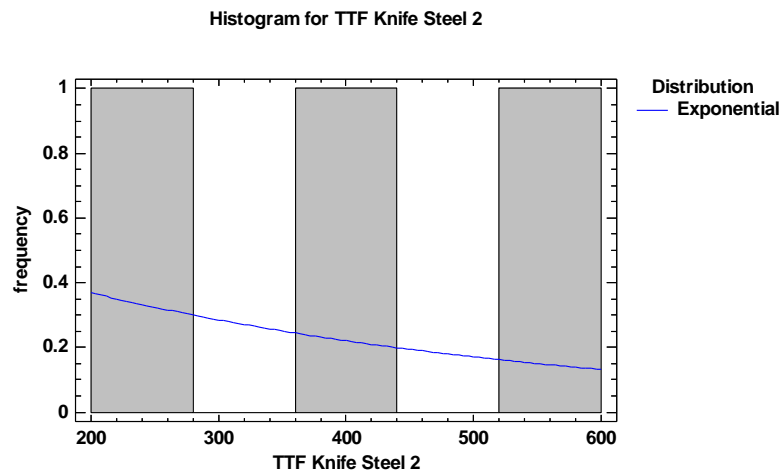


Tabel 3. Parameter β Waktu Antar Kerusakan, μ dan σ Lama Perbaikan Komponen *Knife Steel 1* Pada Mesin *Cane Knife 1*

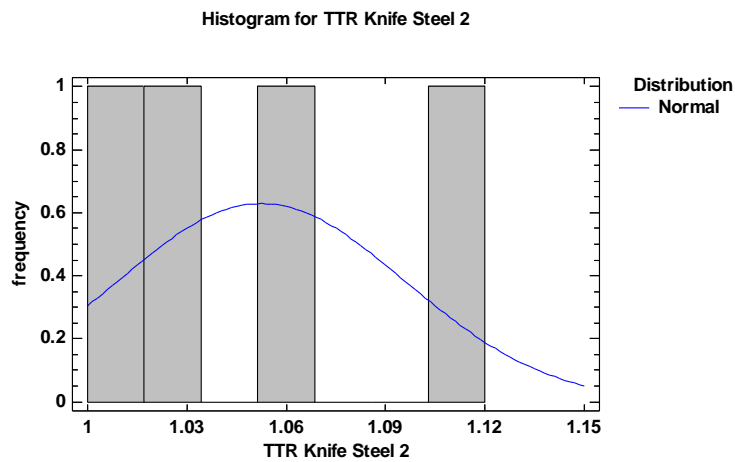
Waktu	Distribusi	β	μ	σ
Antar Kerusakan	Eksponensial	210.667		
Perbaikan	Normal		0.982857	0.101113

Hasil yang diperoleh untuk komponen *knife steel 2* menyatakan bahwa distribusi data tersebut menggunakan distribusi eksponensial. Diketahui parameter distribusi eksponensial (β) dapat menggunakan software *Statgraphics*. Kemudian, untuk menentukan lama perbaikan pada komponen *knife steel 2* yang diketahui parameter distribusi normal (μ) dan standart deviation (σ) yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Gambar 3. Grafik Histogram Waktu Antar Kerusakan Komponen *Knife Steel 2*



Gambar 4. Grafik Histogram Waktu Perbaikan Komponen *Knife Steel 2*



Tabel 4. Parameter β Waktu Antar Kerusakan, μ dan σ Lama Perbaikan Komponen *Knife Steel 2* Pada Mesin *Cane Knife 2*

Waktu	Distribusi	β	μ	σ
Antar Kerusakan	Eksponensial	389.333		
Perbaikan	Normal		1.052500	0.0434933

Untuk keandalan komponen *knife steel 1* pada mesin *cane knife 1* meliputi data rata-rata waktu antar kerusakan komponen *knife steel 1* adalah $\beta = 210.667$ jam.

$$\begin{aligned}
 R(t) &= P(x > t) \\
 &= 1 - P(x \leq t) \\
 &= 1 - F(t) \\
 &= 1 - (1 - e^{-(t/\beta)^\alpha}) \\
 &= e^{-(t/\beta)^\alpha} = e^{-(210,667/210,667)^\alpha} = 0,3679 \sim 36,79 \%
 \end{aligned}$$

Untuk keandalan komponen *knife steel 2* pada mesin *cane knife 2* meliputi data rata-rata waktu antar kerusakan komponen *knife steel 2* adalah $\beta = 389,333$ jam.

$$\begin{aligned}
 R(t) &= P(x > t) \\
 &= 1 - P(x \leq t) \\
 &= 1 - F(t) \\
 &= 1 - (1 - e^{-(t/\beta)^\alpha}) \\
 &= e^{-(t/\beta)^\alpha} = e^{-(389,333/389,333)^\alpha} = 0,3679 \sim 36,79 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian perhitungan keandalan diatas menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemakaian komponen *knife steel 1* pada mesin *cane knife 1* dan komponen *knife steel 2* pada mesin *cane knife 2*, maka semakin kecil nilai keandalan yang dimiliki komponen *knife steel 1* dan komponen *knife steel 2*.

Setelah dilakukan perhitungan keandalan komponen *knife steel 1* dan komponen *knife steel 2*. Selanjutnya perhitungan nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF) dan rata-rata waktu perbaikan (MTTR), pada komponen *knife steel 1* setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi *eksponensial*. Selanjutnya, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTF, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai

parameter dari distribusi *eksponensial* yang telah dihitung sebelumnya. Dari perhitungan berdasarkan persamaan didapat nilai $MTTF = \beta = 210,667$ jam.

Setelah dilakukan perhitungan MTTF pada komponen *knife steel* 1. Selanjutnya perhitungan nilai rata-rata waktu antar kerusakan (MTTF), pada komponen *knife steel* 2 setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi *eksponensial*. Selanjutnya, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTF, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTF adalah nilai parameter dari distribusi *eksponensial* yang telah dihitung sebelumnya. Dari perhitungan berdasarkan persamaan didapat nilai $MTTF = \beta = 389,333$ jam.

Setelah dilakukan perhitungan MTTF komponen *knife steel* 1 dan komponen *knife steel* 2. Selanjutnya perhitungan rata-rata waktu perbaikan (MTTR), pada komponen *knife steel* 1 setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data waktu perbaikan adalah distribusi *normal*. Selanjutnya, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTR, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah nilai parameter-parameter dari distribusi *normal* yang telah dihitung sebelumnya. Dari perhitungan berdasarkan persamaan didapat nilai $MTTR = \mu = 0,982857$ jam.

Setelah dilakukan perhitungan MTTR komponen *knife steel* 1. Selanjutnya rata-rata waktu perbaikan (MTTR), pada komponen *knife steel* 2 setelah diketahui bahwa distribusi terpilih untuk data waktu antar kerusakan adalah distribusi *eksponensial*. Selanjutnya, maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung nilai MTTR, dan nilai-nilai yang akan digunakan pada perhitungan MTTR adalah nilai parameter-parameter dari distribusi *normal* yang telah dihitung sebelumnya. Dari perhitungan berdasarkan persamaan didapat nilai $MTTR = \mu = 1,052500$ jam.

Setelah melakukan perhitungan MTTF dan MTTR pada komponen *knife steel* 1 dan komponen *knife steel* 2. Selanjutnya perhitungan perhitungan biaya pemeliharaan model *Age Replacement* pada model *Age Replacement*, bila terjadi kerusakan maka akan dilakukan kembali penentuan waktu penggantian komponen *knife steel* 1. Sehingga didapat total biaya perawatan per satuan waktu.

$$C_t = \frac{C_m.R(t) + C_r.(1 - R(t))}{t_p.R(t) \cdot \int_{-\infty}^{t_p} t f(t) dt}$$

dimana:

$f(t)$: Fungsi padat probabilitas

C_r : Biaya penggantian komponen

C_m : Biaya perawatan pencegahan kerusakan

$R(t)$: Keandalan

t_p : Interval waktu penggantian pencegahan

C_t : Total biaya pemeliharaan per satuan waktu

$$\beta \left(e^{-\frac{t_p}{\beta}} \left(\frac{t_p}{\beta} + 1 \right) \right) = 210,667 \times \left(e^{-\frac{0,982857}{210,667}} \times \left(\frac{0,982857}{210,667} + 1 \right) \right) = 210.66471$$

$$C_t = \frac{C_m.R(t) + C_r.(1 - R(t))}{t_p.R(t) \cdot \int_{-\infty}^{t_p} t f(t) dt} = \frac{(21.656.084)(0,3679) + (50.114.400)(1 - 0,3679)}{(0,982857)(0,3679)(210.66471)}$$

$$= 8.383.490,92$$

Jadi untuk pemeliharaan komponen *Knife Steel 1* setiap 26 hari diperlukan biaya perawatan sebesar Rp. 8.383.490,92

Setelah melakukan perhitungan biaya pemeliharaan komponen *knife steel 1* pada mesin *cane knife 1* Selanjutnya perhitungan biaya pemeliharaan komponen *knife steel 2* pada mesin *cane knife 2* perhitungan biaya pemeliharaan model *Age Replacement* pada model *Age Replacement*, bila terjadi kerusakan maka akan dilakukan kembali penentuan waktu penggantian komponen *knife steel 2*. Sehingga didapat total biaya perawatan per satuan waktu.

$$C_t = \frac{C_m.R(t) + C_r.(1 - R(t))}{t_p.R(t) \cdot \int_{-\infty}^{t_p} t f(t) dt}$$

dimana:

$f(t)$: Fungsi padat probabilitas

C_r : Biaya penggantian komponen

C_m : Biaya perawatan pencegahan kerusakan

$R(t)$: Keandalan

t_p : Interval waktu penggantian pencegahan

C_t : Total biaya pemeliharaan per satuan waktu

$$\beta \left(e^{-\frac{t_p}{\beta}} \left(\frac{t_p}{\beta} + 1 \right) \right) = 389,333 \times \left(e^{-\frac{1,052500}{389,333}} \times \left(\frac{1,052500}{389,333} + 1 \right) \right) = 389.33158$$

$$C_t = \frac{C_m.R(t) + C_r.(1 - R(t))}{t_p.R(t) \cdot \int_{-\infty}^{t_p} t f(t) dt} = \frac{(21.656.084)(0,3679) + (50.114.400)(1 - 0,3679)}{(1,052500)(0,3679)(389.33158)}$$

$$= 8.177.765,76$$

Jadi untuk pemeliharaan komponen *knife steel 2* setiap 49 hari diperlukan biaya perawatan sebesar Rp. 8.177.765,76.

Setelah dilakukan perhitungan biaya pemeliharaan komponen *knife steel 1* pada mesin *cane knife 1* dan komponen *knife steel 2* pada mesin *cane knife 2*, maka dapat dilakukan penjadwalan perawatan penggantian komponen *knife steel 1* pada mesin *cane knife 1* dan komponen *knife steel 2* pada mesin *cane knife 2* selama musim giling berlangsung

Tabel 5. Jadwal Perawatan Penggantian Komponen *Knife Steel 1* Dan Komponen *Knife Steel 2* Selama Musim Giling Berlangsung

Periode	Penggantian Komponen <i>Knife Steel 1</i> Dan <i>Knife Steel 2</i>														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
4	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
5	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
6	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
7	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
8	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
9	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
10	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
11	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
12	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180

Keterangan pada tabel di atas menunjukkan jadwal penggantian komponen *Knife Steel 1* dan *Knife Steel 2*. Dimana *Knife Steel 1* ditandai dengan warna merah sedangkan *Knife Steel 2* di tandai dengan orange sehingga didapat total penggantian selama musim giling yaitu komponen *Knife Steel 1* sebanyak 6 kali penggantian dan untuk komponen *Knife Steel 2* sebanyak 3 kali penggantian.

Setelah dilakukan penjadwalan perawatan penggantian komponen *knife steel 1* pada mesin *cane knife 1* dan komponen *knife steel 2* pada mesin *cane knife 2*, maka dapat dilakukan total kegiatan biaya pemeliharaan selama musim giling berlangsung.

Tabel 6. Total Kegiatan Biaya Pemeliharaan

Periode	Komponen		Biaya	
	<i>Knife Steel</i> 1	<i>Knife Steel</i> 2	<i>Knife Steel</i> 1	<i>Knife Steel</i> 2
1				
2	26		8.383.490,92	
3				
4	52	49	8.383.490,92	8.177.765,76
5				
6	78		8.383.490,92	
7	104	98	8.383.490,92	8.177.765,76
8				
9	130		8.383.490,92	
10		147		8.177.765,76
11	156		8.383.490,92	
12				
Jumlah	6	3	50.300.945,52	24.533.297,28
Total			74.834.242,8	

Berdasarkan tabel di atas didapatkan total biaya komponen *Knife Steel* 1 yaitu sebesar Rp. 50.300.945,52. Untuk biaya komponen *Knife Steel* 2 yaitu sebesar Rp. 24.533.297,28. Total biaya pemeliharaan pada komponen *Knife Steel* 1 dan *Knife Steel* 2 yaitu sebesar Rp. 74.834.242,8

KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan penelitian dan analisis hasil penelitian, simpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Waktu antar kerusakan komponen *knife steel* 1 sesuai dengan distribusi Eksponensial dengan rata-rata waktu antar kerusakan komponen *knife steel* 1 adalah 26 hari dan keandalannya mencapai 36,79 %.
Waktu antar kerusakan komponen *knife steel* 2 sesuai dengan distribusi Eksponensial dengan rata-rata waktu antar kerusakan komponen *knife steel* 2 adalah 49 hari dan keandalannya mencapai 36,79 %.
Waktu perbaikan komponen *knife steel* 1 sesuai dengan distribusi Normal dengan rata-rata waktu perbaikan komponen *knife steel* 1 adalah $\mu = 0,98$ jam.
Waktu perbaikan komponen *knife steel* 2 sesuai dengan distribusi Normal dengan rata-rata waktu perbaikan komponen *knife steel* 2 adalah $\mu = 1,05$ jam.
2. Jadwal perawatan dilakukan sebanyak enam kali selama musim giling, selama 12 periode untuk 1 periode nya 15 hari.
Komponen *Knife Steel* 1 memerlukan biaya sebesar Rp 50.300.945,52,
Komponen *Knife Steel* 2 memerlukan biaya sebesar Rp 24.533.297,28.

Total biaya perawatan yang diperlukan sebesar Rp 74.834.242,8.

3. Setelah dilakukannya perhitungan biaya perawatan, maka terjadi penghematan biaya untuk mesin *cane knife* 1 sebesar Rp 1.170.714,97 selama 1 periode, jadi untuk penghematan biaya perawatan pada mesin *cane knife* 1 selama waktu *overhaul* sebesar Rp 14.048.579,64 selama 12 periode.
4. Setelah dilakukannya perhitungan biaya perawatan, maka terjadi penghematan biaya untuk mesin *cane knife* 2 sebesar Rp 1.170.714,97 selama 1 periode, jadi untuk penghematan biaya perawatan pada mesin *cane knife* 2 selama waktu *overhaul* sebesar Rp 14.048.579,64 selama 12 periode.

SARAN

1. Nilai *reliability* komponen *knife steel* 1 pada mesin *cane knife* adalah = 0,3679 ~ 36,79 %
Nilai *reliability* komponen *knife steel* 2 pada mesin *cane knife* adalah = 0,3769 ~ 36,79 %
Sehingga pada semua komponen *knife steel* 1 dan 2 nilai *reliability*nya terlalu kecil
2. Saran yang dapat diberikan mengenai penelitian ini adalah penerapan program perbaikan usulan dengan metode *Age Replacement* dapat dilakukan dengan baik dan efektif apabila dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- (Akmaliyah, 2016)Akmaliyah, M. (2016). Simulasi Sistem Perencanaan Dan Pengendalian. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Asisco, H., Amar, K., & Rahadian Perdana, Y. (2012). Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance USULAN PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA VII (PERSERO) UNIT USAHA SUNGAI NIRU KAB.MUARA ENIM. *Kaunia*, VIII(2), 78–98.
- Dhillon, B. S. (2006). Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers. In *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*.
<https://doi.org/10.1201/9781420006780>
- Djunaidi, M., & Sufa, M. F. (2007). Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Pencetak Botol (Mould Gear) Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime. *Jurnal Teknik Gelagar*, Volume 18 No.01, 33–41.
- Harahap, D. G. S. (2021). Dasar-Dasar Mikrobiologi Dan Penerapannya. In *Widina Bhakti Persada Bandung* (Vol. 1, Issue 69).
- Pradana, W. W., & Widiasih, W. (2023). *Penjadwalan Preventive Maintenance untuk Meningkatkan Kinerja Mesin Frais dan Bubut di PT. ISUMI*. 05, 1–11.
- Praja, I. I., Dahda, S. S., & Widyaningrum, D. (2020). PENERAPAN METODE

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA PERAWATAN MESIN CONVEYOR UNLOADING PHOSPHATE ROCK (Studi Kasus PT PETROKIMIA GRESIK). *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 1(1), 61. <https://doi.org/10.30587/justicb.v1i1.2033>

Putra, T. A. (2018). *Penentuan Interval Waktu Penjadwalan Perawatan Pada Mesin Tuboly di PT. Bambang Djaja*. 1–11. [http://repository.untag-sby.ac.id/763/%0Ahttp://repository.untag-sby.ac.id/763/3/BAB II.pdf](http://repository.untag-sby.ac.id/763/%0Ahttp://repository.untag-sby.ac.id/763/3/BAB%20II.pdf)

Susanto, A. D., & Azwir, H. H. (2018). Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(1), 21. <https://doi.org/10.23917/jiti.v17i1.5380>

Wibowo, T. J., & Sandriyana, A. N. (2015). Perencanaan pemeliharaan mesin dengan metode reliability centered maintenance di PT X. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November*, 1–6.