

## USULAN PENENTUAN INTERVAL WAKTU PENGgantian KOMPONEN MENGGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT* DI PT. XYZ

Erwinda Fitriani L<sup>1)</sup>, Moch. Tutuk Safirin<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294

e-mail: [erwindafitriani33@gmail.com](mailto:erwindafitriani33@gmail.com)<sup>1)</sup>, [tutuks.ti@upnjatim.ac.id](mailto:tutuks.ti@upnjatim.ac.id)<sup>2)</sup>

### ABSTRAK

*PT. XYZ adalah suatu perusahaan yang memproduksi aluminium profil. Untuk memproduksi aluminium profil, perusahaan menggunakan mesin-mesin yang beroperasi secara terus menerus setiap harinya. Salah satu mesin yang digunakan untuk proses produksi adalah Mesin Extrusion. Mesin Extrusion memiliki 2 komponen kritis yang diteliti yaitu komponen pisau potong dan komponen die. Pada saat ini perusahaan hanya melakukan penggantian komponen terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan perusahaan mengalami kerugian baik dari segi waktu maupun biaya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan interval waktu penggantian komponen kritis dari mesin Extrusion guna meminimalkan biaya perawatan yang dikeluarkan oleh perusahaan dan menentukan jumlah persediaan komponen yang optimal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Age Replacement. Berdasarkan dari hasil penerapan metode Age Replacement tersebut didapatkan bahwa waktu yang optimal untuk melakukan penggantian komponen pisau potong adalah 40 hari sedangkan untuk komponen Die adalah 60 hari. Perbandingan total biaya perawatan setelah penerapan dan sebelum penerapan metode adalah Rp. 18.665.850,8 dan Rp. 10.113.700. Nilai efisiensi berdasarkan perhitungan yaitu sebesar 45,81%.*

**Kata Kunci:** Age Replacement, Perawatan Mesin

### ABSTRACT

*PT. XYZ is a company that produces aluminum profiles. To produce aluminum profiles, the company uses a continuous machine every day. One of the machines used for the production process is an extrusion machine. The extrusion machine has 2 critical components to be studied, namely the cutting knife component and the die component. At this time the company only replaced the components first. This causes the company to experience losses in terms of both time and cost. This study aims to determine the time interval for replacement of extrusion components for maintenance costs incurred by the company and determine the optimal amount of component inventory. The method used in this research is Age Replacement. Based on the results of the application of the Age Replacement method, the optimal time to replace the cutting knife component is 40 days, while the Die component is 60 days. Comparison of the total cost after the application and application of the method is Rp. 18,665,850.8 and Rp. 10,113,700. The calculation value is based on a calculation of 45.81%.*

**Keywords:** Age Replacement, Quantity, Maintenance

## I. PENDAHULUAN

Suatu perusahaan akan berusaha untuk selalu menjaga agar kegiatan produksi yang dilakukan dapat berjalan dengan lancar. Dalam usaha untuk menjaga kelancaran kegiatan produksi, perusahaan akan melakukan perawatan pada mesin-mesin yang digunakan. Melakukan perawatan pada mesin yang digunakan secara terus menerus dapat meningkatkan produktivitas dan mampu mengurangi waktu *downtime* yang ditimbulkan akibat kerusakan dari mesin. PT.XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri manufaktur dengan memproduksi alumunium profil juga berusaha untuk selalu menjaga kelancaran mesin-mesin yang terlibat dalam proses produksi. Salah satu mesin yang digunakan untuk proses produksi adalah Mesin *Extrusion*. Mesin *Extrusion* adalah suatu mesin yang berfungsi sebagai pencetak bahan dasar alumunium dengan cara menekan dengan tekanan tinggi. Pada perusahaan mesin *Extrusion* memiliki fungsi yang sangat vital dalam memproduksi alumunium, sehingga perlu dilakukan kegiatan perawatan yang optimal agar tidak terlalu banyak terjadi kerusakan yang menyebabkan *downtime* semakin lama. Dari data yang diperoleh selama bulan Juli 2018-Juni 2020 terdapat dua komponen kritis pada mesin *Extrusion* yaitu komponen pisau potong dan komponen *Die*.

Selama ini, PT. XYZ telah menerapkan kegiatan perawatan berupa *preventive maintenance*, namun masih belum dilakukan secara maksimal karena belum adanya penjadwalan mengenai penggantian komponen mesin secara teratur. Pada saat ini teknisi hanya melakukan penggantian ketika komponen mengalami kerusakan. Belum adanya penjadwalan penggantian komponen menyebabkan terjadinya *downtime* yang tidak terjadwal (*Unplanned downtime*). *Unplanned downtime* akan menimbulkan banyak kerugian bagi perusahaan. Kerugian-kerugian tersebut antara lain yaitu biaya selama proses penggantian, kerugian akibat operator yang mengganggu karena mesin mengalami kerusakan dan kerugian akibat perusahaan kehilangan kesempatan untuk mendapatkan keuntungan.

Adanya *downtime* karena penggantian komponen yang tidak terjadwal (*unplanned downtime*) akan menimbulkan kerugian dan biaya. Kerugian-kerugian tersebut diantaranya adalah biaya selama proses penggantian, kerugian akibat operator yang mengganggu karena mesin berhenti dan juga kerugian karena kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan sebagai akibat tidak bisa memproduksi barang.

Dengan menentukan interval waktu dari penggantian komponen tersebut maka jadwal perawatan dapat direncanakan dan disusun secara teratur. Dalam menyusun jadwal penggantian komponen juga harus memperhatikan jumlah persediaan dari komponen. Oleh karena itu, sebelum melakukan penyusunan penjadwalan penggantian komponen perusahaan terlebih dahulu untuk menerapkan kebijakan mengenai persediaan komponen yang dibutuhkan agar pada saat jadwal penggantian, komponen-komponen tersebut sudah tersedia sehingga *downtime* tidak semakin lama. Berdasarkan permasalahan diatas, maka dipilihlah metode *Age Replacement* untuk menyusun jadwal penggantian komponen dan menentukan biaya perawatan serendah mungkin.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Dan Tujuan Perawatan

Untuk menunjang kegiatan produksi, setiap perusahaan akan berusaha untuk menjaga keadaan mesin-mesin yang digunakan agar tetap beroperasi dengan lancar tanpa mengalami kerusakan. Perusahaan tersebut memiliki kebijakan sendiri untuk menentukan kegiatan perawatan yang akan dilakukan. Kegiatan perawatan (*Maintenance*) merupakan suatu aktivitas dalam menjaga fasilitas-fasilitas yang ada agar dapat berfungsi dengan baik. Perawatan merupakan memelihara peralatan, memperbaiki dan mengganti peralatan jika terjadi kerusakan, melakukan inspeksi secara berkala dan membersihkan peralatan (Kurniawan, 2013). Kegiatan pemeliharaan diartikan sebagai suatu kegiatan agar komponen atau sistem yang mengalami kerusakan dapat dikembalikan atau diperbaiki

dalam kondisi tertentu dalam jangka waktu tertentu (Eliyus and Hilman, 2014). *Maintenance* atau pemeliharaan mengacu pada semua konsep pemeliharaan kualitas peralatan/mesin yang perlu dilakukan untuk menjaga pengoperasian agar mesin tersebut berjalan normal (Tauran, 2018). Kegiatan pemeliharaan memegang peranan yang sangat penting dalam mendukung kelancaran sistem yang dibutuhkan (Utomo, 2018). Kegiatan pemeliharaan dibedakan menjadi 2 yaitu perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dan perawatan setelah terjadi kerusakan/secara korektif (*Corrective maintenance*). Perawatan preventif adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan atau kegiatan perawatan yang direncanakan. Sedangkan perawatan korektif adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk memulihkan dan meningkatkan kondisi dari suatu mesin setelah mengalami kerusakan (Arsyad, 2018). Melalui perawatan preventif yang baik, perusahaan dapat meminimalkan kerugian akibat kerusakan mesin, mencegah gangguan produksi akibat downtime serta meningkatkan *availability* dan *reliability* dari mesin tersebut (Praharsi, 2015). Oleh karena itu, kegiatan perawatan harus direncanakan bersama bidang-bidang lainnya dengan baik. Dengan adanya kegiatan perawatan yang dilakukan diharapkan dapat meminimalkan kerusakan yang terjadi terhadap mesin-mesin tersebut sehingga kegiatan produksi dapat dilaksanakan dengan baik dan juga dapat meminimalkan biaya perawatan yang dikeluarkan oleh perusahaan.

Kegiatan perawatan tujuannya adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang umur dari suatu peralatan agar bisa lebih lama ketika digunakan
2. Untuk memastikan ketersediaan komponen-komponen dari peralatan yang digunakan
3. Untuk memastikan bahwa semua peralatan yang dibutuhkan ketika dalam keadaan darurat siap untuk dioperasikan (Fathun, 2020).

#### B. Keandalan (*Reliability*)

*Reliability* dapat didefinisikan sebagai suatu keadaan dari sistem yang memiliki kinerja sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan pada waktu tertentu. Ukuran *reliability* dari suatu komponen dapat menunjukkan seberapa besar komponen tersebut dapat beroperasi dengan baik. Keandalan (*reliability*) akan berpengaruh pada *availability* atau fungsi dari suatu peralatan (Rausand, 2013). Keandalan (*Reliability*) adalah suatu probabilitas yang menyatakan bahwa sistem dapat beroperasi tanpa kegagalan dalam jangka waktu tertentu. Keandalan komponen akan menurun seiring waktu (Dhamayanti, 2016). Suatu mesin atau peralatan dikategorikan dalam dua keadaan yaitu keadaan baik dan keadaan rusak (Ansori, 2013). Keandalan (*Reliability*) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t)dt \dots \dots \dots (1)$$

$$= 1-F(t) \text{ untuk } 0 \leq R(t) \leq 1$$

Dimana : R(t) : Fungsi keandalan

F(t) : Probabilitas kerusakan

Untuk t=0, R(t)=1, maka sistem dalam keadaan baik

Untuk t=∞, R(t)=0, maka sistem dalam keadaan rusak

Dimana: R(t) = merupakan probabilitas peralatan yang dapat beroperasi hingga waktu

Secara umum pengujian keandalan bertujuan untuk:

1. Menentukan kondisi penggunaan peralatan
2. Memformulasikan kebijakan garansi
3. Mengidentifikasi alur kegagalan *design manufacturing*
4. Membantu pihak manajemen dalam memilih kebijakan strategi penggunaan alat.

MTTR (*Mean Time To Repair*) adalah waktu perbaikan peralatan yang dibutuhkan selama alat tersebut mengalami kerusakan hingga sampai dapat digunakan kembali. MTTF (*Mean Time To Failure*) adalah waktu yang digunakan untuk komponen yang sering mengalami kerusakan (Widiyantoro, 2019). Perhitungan MTTR/MTTF untuk masing-masing distribusi adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial atau distribusi yang mempunyai laju kerusakan konstan sering digunakan pada tahap awal untuk menyelediki kesesuaian data (Rinaldo,2016).

$$MTTR/MTTF = 1/\lambda \dots\dots\dots(2)$$

2. Distribusi Weibull

$$MTTR/MTTF = \eta\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \dots\dots\dots(3)$$

3. Distribusi Lognormal

$$MTTR/MTTF = \exp(\mu + (0,5. s^2)) \dots\dots\dots(4)$$

4. Distribusi Normal

$$MTTR/MTTF = \mu \dots\dots\dots(5)$$

C. *Penjadwalan Perawatan*

Menurut Sudrajat,(2011) penjadwalan adalah suatu proses mengatur sumber daya untuk dikelompokkan berdasarkan tugas-tugas tertentu dalam jangka waktu tertentu sehingga dapat mengefisiensikan perkejaan. Penjadwalan pada kegiatan perawatan merupakan suatu perencanaan terstruktur dan berkaitan untuk meningkatkan pekerjaan dengan berbasis waktu, selain itu penjadwalan juga mampu mengefisienkan pekerjaan sehingga mendapatkan hasil yang baik. Penjadwalan perawatan memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengurangi waktu mengganggu dengan memanfaatkan penggunaan sumber daya sebaik mungkin
2. Mampu mengurangi waktu menunggu dan perkejaan yang tertunda karena adanya kerusakan.

D. *Biaya Perawatan*

Biaya perawatan adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk digunakan dalam melakukan perawatan terhadap alat-alat yang tersedia pada masa operasinya. Besarnya biaya perawatan akan dihitung berdasarkan pada perbaikan atau penggantian komponen mesin karena terjadi kerusakan. Biaya perawatan dibedakan menjadi 2 yaitu biaya *preventive maintenance* dan biaya *corrective maintenance*. Biaya perawatan secara *preventive* adalah biaya yang timbul akibat adanya pemeriksaan, penyetelan perlatan dan mengganti serta memperbaiki komponen yang terjadi kerusakan (Vidiasari, 2015). Sedangkan biaya kerusakan (*cost failure*) adalah biaya yang diakibatkan ketika peralatan mengalami kerusakan atau tidak berfungsi secara normal sehingga mengakibatkan kehilangan waktu produksi,operator yang mengganggu dan biaya untuk mengganti komponen yang mengalami kerusakan tersebut. Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya perawatan yaitu:

1. Biaya Tenaga Kerja =  $\frac{Gaji/Bulan (Rp)}{Jam Kerja/Bulan (Jam)} \dots\dots\dots(6)$

2. Biaya *Downtime* = (Harga produk - Ongkos produksi) x Jumlah produk/jam.....(7)

3. *Cost Preventive*

*Cost preventive* adalah biaya akibat perawatan mesin yang terencana dan menghentikan proses produksi (Kurniawan, 2013)

$$(Cp) = \text{Biaya mekanik} \times \text{Jumlah penggantian} + \text{Harga komponen} \dots\dots\dots(8)$$

4. *Cost Failure*

*Cost failure* adalah biaya akibat perawatan atau penggantian komponen mesin karena kerusakan tanpa terencana.

$$(Cf) = [(\text{Biaya operator} + \text{Biaya mekanik} + \text{Biaya Downtime}) \times \text{MTTR}] + \text{Harga komponen} \dots\dots\dots(9)$$

E. *Age Replacement*

Menurut Widiyantoro, (2019) Metode *age replacement* merupakan suatu metode dalam sistem perawatan dimana penggantian komponen dilakukan dengan mempertimbangkan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dengan pertimbangan umur tersebut penggantian peralatan yang masih baru dipasang dan diganti dalam waktu yang singkat dapat dihindarkan. *Age replacement* merupakan suatu model penggantian komponen yang dilakukan berdasarkan umur daripemakaian tersebut sehingga waktu penggantian komponen dapat diperkirakan (Jerdine, 2013). Dalam metode *age replacement* terdapat dua siklus yaitu siklus pencegahan dan siklus kerusakan. Siklus pencegahan dilakukan untuk mengganti komponen yang telah mencapai umur penggantian, sedangkan siklus kerusakan dilakukan untuk mengganti komponen yang mengalami kerusakan meskipun belum memasuki umur penggantian. Penjadwalan kerusakan dapat disesuaikan kembali ketika penggantian komponen akibat kerusakan maupun karena pencegahan telah selesai dilakukan (Karunia, 2017). Model *age replacement* dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut:

$$D(tp) = \frac{\text{Total ekspektasi downtime per siklus}}{\text{Ekspektasi panjang siklus}} \dots\dots\dots(10)$$

$$D(tp) = \frac{(Tp \times R(tp)) + (Tf \times [1 - R(tp)])}{((tp + Tp) \times R(tp)) + ((M(tp) + Tf) \times [1 - R(tp)])}$$

Dimana :

- $t_p$  : Interval waktu penggantian pencegahan persatuan waktu
- $Tf$  : Waktu yang diperlukan untuk penggantian karena kerusakan
- $Tp$  : Downtime yang terjadi karena kegiatan penggantian
- $f_{(t)}$  : Fungsi distribusi interval waktu antar kerusakan
- $R_{(tp)}$  : Keandalan terjadinya siklus i pada saat  $t_p$
- $M_{(tp)}$  : Waktu rata-rata terjadinya suatu kerusakan, jika penggantian dilakukan saat  $t_p$ .

$$M_{(tp)} = \frac{MTTF}{1 - R(tp)} \dots\dots\dots(11)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai efisiensi perbandingan biaya perawatan sebelum dan sesudah penerapan metode adalah sebagai berikut:

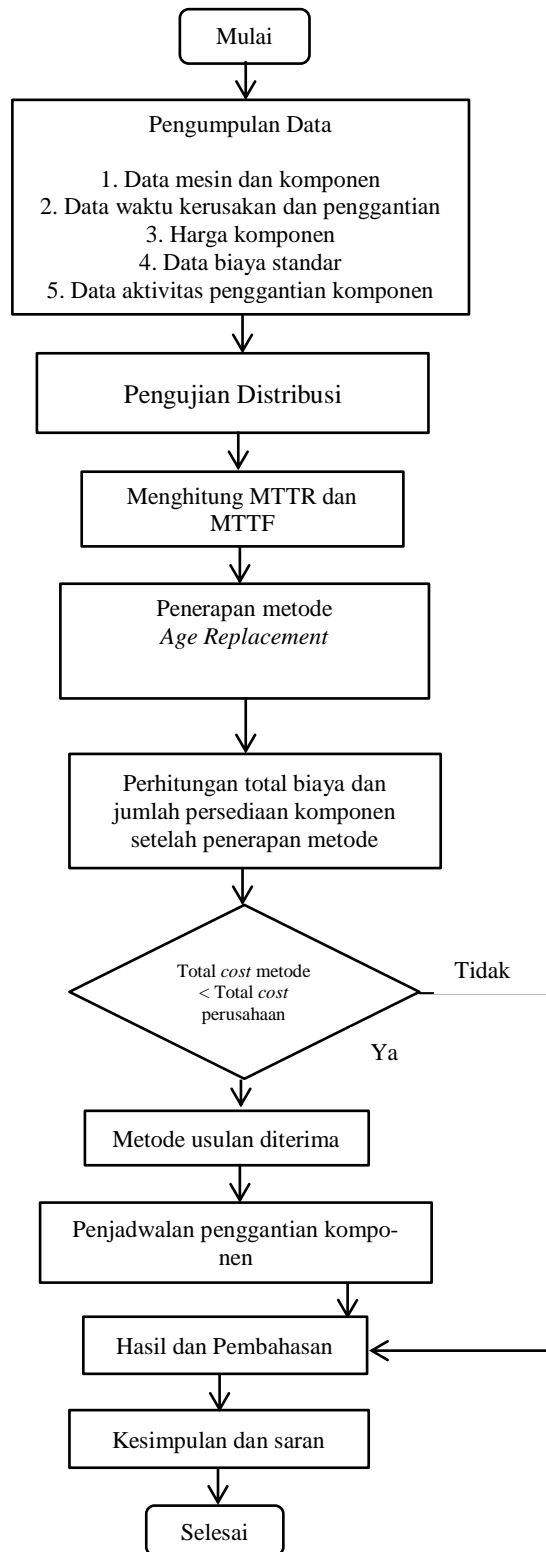
$$\text{Efisiensi} = \frac{TC \text{ Perusahaan} - TC \text{ usulan}}{TC \text{ Perusahaan}} = \dots \times 100\% \dots\dots\dots(12)$$

#### F. Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan merupakan kegiatan dalam mengelola persediaan agar sesuai dengan kebutuhan dan tetap stabil (Apriyani, 2017). Pada dasarnya sebuah perusahaan mengadakan sebuah persediaan mendakan pengendalian persediaan bertujuan untuk meminimumkan biaya (Sulaiman, 2015). Pengendalian persediaan direncanakan terlebih dahulu sesuai dengan waktu, kuantitas, kuantitas dan biaya, dan merupakan suatu kegiatan dalam rangkaian kegiatan yang saling berkaitan erat selama seluruh proses produksi perusahaan (Assauri, 2016). Permasalahan yang paling penting dalam perusahaan manufaktur adalah mengenai jumlah suku cadang dari komponen-komponen yang dianggap kritis (Siswanti, 2015). Masalah persediaan akan selalu memberikan dampak pada perusahaan. Apabila persediaan yang ada terlalu besar maka akan menimbulkan biaya simpan dari persediaan tersebut. Sedangkan, apabila persediaan terlalu kecil maka ketika akan dibutuhkan seringkali kekurangan sehingga akan menghambat proses produksi. Untuk mendapatkan persediaan yang optimal maka perlu menentukan berapa jumlah barang yang harus dipesan dan waktu yang tepat untuk melakukan pemesanan barang tersebut. Persediaan memiliki fungsi sebagai decoupling, economic lot sizing dan fungsi antisipasi (Enru, 2020)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kerusakan Mesin Extrusion selama periode Juli 2018-Juni 2020.



Gambar 1. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah Pada Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengumpulan Data

##### 1. DataKomponen Mesin Extrusion

Mesin *Extrusion* adalah suatu mesin yang berfungsi untuk melakukan proses ekstrusi pada alumunium dengan cara menekan bahan dasar menggunakan tekanan tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan 2 komponen kritis dari mesin *extrusion* pada tabel I.

TABEL I  
KOMPONEN MESIN EXTRUSION

Mesin	Komponen	Fungsi
<i>Extrusion</i>	Pisau potong	Untuk memotong alumunium profil yang telah dicetak
	<i>Die</i>	Untuk mencetak profil alumunium sesuai yang diinginkan

##### 2. Data Kerusakan dan Penggantian Komponen Mesin

Data waktu kerusakan dan penggantian mesin *Extrusion* pada Juli 2018-Juni 2020 terdapat pada tabel II dibawah ini.

TABEL II  
DATA KERUSAKAN DAN PENGGANTIAN KOMPONEN MESIN EXTRUSION BULAN JUNI 2018-JULI 2020

No	Tanggal	Komponen	Downtime (Minutes)
1.	31/7/2018	<i>Die</i>	350
2.	25/8/2018	Pisau potong	95
3.	22/1/2019	<i>Die</i>	325
4.	22/1/2019	Pisau potong	89
5.	20/2/2019	Pisau potong	90
6.	21/2/2019	<i>Die</i>	300
7.	14/3/2019	Pisau potong	90
8.	25/6/2019	<i>Die</i>	315
9.	03/7/2019	Pisau potong	85
10.	24/7/2019	Pisau potong	90
11.	08/9/2019	<i>Die</i>	315
12.	03/10/2019	Pisau potong	85
13.	17/11/2019	<i>Die</i>	310
14.	11/1/2020	Pisau potong	80
15.	10/2/2020	Pisau potong	95
16.	16/4/2020	<i>Die</i>	340
17.	01/5/2020	<i>Die</i>	340
18.	20/6/2020	<i>Die</i>	350

##### 3. Data Biaya Pembelian Komponen

Pada tabel III dibawah ini merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk membeli komponen dari mesin *extrusion* yang ketika dilakukan penggantian.

TABEL III  
BIAYA PEMBELIAN KOMPONEN

No.	Biaya Pembelian Komponen	Harga
1.	Pisau potong	Rp. 2.350.000
2.	<i>Die</i>	Rp. 7.150.000

##### 4. Data Biaya Standar Pada Perusahaan

Data biaya standar pada perusahaan berisikan mengenai biaya tenaga kerja, biaya produksi dan harga jual produk ditampilkan pada tabel IV dibawah ini.

TABEL IV  
BIAYA STANDAR PADA PERUSAHAAN

No.	Nama	Jumlah
1.	Operator	6 Orang
2.	Mekanik	4 Orang
3.	Gaji Operator	Rp. 4.190.133/orang
4.	Gaji Mekanik	Rp. 4.190.133/orang
5.	Kapasitas Produksi	4.300 kg/hari
6.	Biaya Produksi	Rp.40.625/kg
7.	Harga Jual Produk	Rp.46.650/kg

5. *Data Waktu Penggantian Karena Kerusakan (Tf) dan Penggantian Karena Pencegahan (Tp)*

- **Komponen Pisau potong**

Waktu yang dibutuhkan oleh mekanik ketika melakukan penggantian karena kerusakan dan penggantian karena pencegahan pada komponen pisau potong akan ditampilkan pada tabel V dibawah ini.

TABEL V  
DATA WAKTU PENGGANTIAN KERUSAKAN DAN PENCEGAHAN KOMPONEN PISAU POTONG

No.	Kegiatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (Menit)
1.	Menemukan Kerusakan	5	-
2.	Membongkar komponen mesin	20	20
3.	Memeriksa komponen yang rusak	10	-
4.	Mengunggu komponen dari gudang	10	-
5.	Memasang komponen pengganti	20	20
6.	Memasang mesin kembali	25	25
	Total	90	65

- **Komponen Die**

Waktu yang dibutuhkan oleh mekanik ketika melakukan penggantian karena kerusakan dan penggantian karena pencegahan pada komponen *die* akan ditampilkan pada tabel VI dibawah ini.

TABEL VI  
DATA WAKTU PENGGANTIAN KERUSAKAN DAN PENCEGAHAN KOMPONEN DIE

No.	Kegiatan	Waktu Penggantian Kerusakan (menit)	Waktu Penggantian Pencegahan (Menit)
1.	Menemukan Kerusakan	10	-
2.	Membongkar komponen mesin	150	150
3.	Memeriksa komponen yang rusak	15	-
4.	Mengunggu komponen dari gudang	10	-
5.	Memasang komponen pengganti	100	100
6.	Memasang mesin kembali	65	65
	Total	350	315

**B. Pengolahan Data**

**1. Pengujian Distribusi**

Pengujian distribusi dilakukan dengan tujuan untuk memilih distribusi yang menghasilkan nilai *Anderson-Darling* terkecil. Pengujian distribusi data kerusakan dan penggantian komponen mesin *Extrusion* dilakukan dengan menggunakan *software* minitab 16.

TABEL VII  
UJI DISTRIBUSI

No.	Komponen	Keterangan	Jenis Distribusi	Parameter	
				$\beta$ (shape)	$\eta$ (scale)
1.	Pisau potong	Jarak antar Kerusakan	<i>Weibull</i>	1,4296	77,5213
		<i>Downtime</i>	Normal	-	5,61249
2.	<i>Die</i>	Jarak antar kerusakan	<i>Weibull</i>	1,60045	96,95862
		<i>Downtime</i>	Normal	-	18,0740



## 2. Menentukan MTTR dan MTTF

Setelah melakukan pengujian distribusi pada masing-masing komponen dan diperoleh jenis distribusi serta nilai parameternya, maka selanjutnya menentukan besar MTTR (*Mean time to repair*) dan MTTF (*Mean time to failure*). Pada penelitian ini MTTR dihitung dengan menggunakan distribusi normal, sedangkan untuk MTTF dihitung dengan menggunakan distribusi *Weibull*. Hasil perhitungan nilai MTTR dan MTTF untuk komponen pisau potong dan *die* dapat dilihat pada tabel VIII dibawah ini.

TABEL VIII  
HASIL MTTF DAN MTTR KOMPONEN MESIN *EXTRUSION*

No.	Komponen	MTTR (Menit)	MTTF (Hari)
1.	Pisau potong	88,33	68,8551
2.	<i>Die</i>	327,77	86,9301

## 3. Perhitungan Biaya Downtime

Biaya *downtime* merupakan suatu biaya yang disebabkan karena perusahaan tidak dapat melakukan proses produksi akibat terjadinya *downtime*. Perhitungan biaya perawatan dapat dilakukan dengan menghitung biaya *downtime* dan biaya tenaga kerja sebagai berikut:

- Biaya *Downtime* = (Harga produk – Ongkos produksi) x Jumlah produk/jam  
= (Rp.46.650 – Rp.40.625) × 4.300 kg  
= Rp. 1.079.439/jam  
= Rp. 17.991/menit
- Biaya Mekanik  
Biaya 4 orang mekanik = Biaya satu mekanik per jam × jumlah mekanik  
= Rp. 24.220/jam × 4 orang  
= Rp. 96.880/jam  
= Rp. 1.615 /menit
- Biaya Operator  
Biaya 6 orang operator = Biaya satu operator per jam × jumlah operator  
= Rp. 24.220/jam × 6 orang  
= Rp. 145.320/jam  
= Rp. 2.422/menit

## 4. Perhitungan Cost Failure (Cf) dan Cost Preventive (Cp)

### • Biaya Penggantian Karena Kerusakan (*Cost Failure*)

Biaya Penggantian karena kerusakan (*Cost Failure*) adalah suatu biaya yang timbul akibat mesin mengalami kerusakan secara tiba-tiba. Biaya mengganti karena kerusakan (*Cost Failure*) dapat dirumuskan dengan cara sebagai berikut:

$$Cf = [(Biaya operator + biaya mekanik + Biaya Downtime) \times MTTR] + \text{Harga Komponen}$$

### • Biaya Penggantian Karena Perawatan (*Cost Preventive*)

Biaya Penggantian karena Perawatan (*Cost Preventive*) adalah suatu biaya yang ditimbulkan karena adanya perawatan yang sudah dijadwalkan.

$$Cp = (\text{Biaya Mekanik} \times \text{Waktu penggantian komponen}) + \text{Harga Komponen}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan biaya kerusakan (*cost failure*) dan biaya pencegahan (*cost preventive*) untuk komponen pisau potong dan *die* adalah sebagai berikut:

TABEL IX  
COST FAILURE (Cf) DAN COST PREVENTIVE (Cp)

No.	Komponen	Cf	Cp
1.	Pisau potong	Rp. 4.295.733,24	Rp. 2.454.975
2.	<i>Die</i>	Rp. 14.370.117,56	Rp. 7.658.725

### 5. Penerapan Metode Age Replacement

Penerapan metode *age replacement* dilakukan dengan menghitung nilai *reliability* ( $R_{(tp)}$ ), nilai probabilitas kegagalan ( $F_{(tp)}$ ), nilai *maintanability* ( $M_{(tp)}$ ) dan juga nilai *downtime* ( $D_{(tp)}$ ). Interval waktu penggantian komponen yang paling optimal ditentukan dari nilai *downtime* yang paling rendah. Berikut ini adalah penerapan *age replacement* untuk menentukan interval waktu penggantian yang paling optimal pada komponen kritis.

- **Komponen Pisau Potong**

Penerapan *age replacement* untuk menentukan interval waktu penggantian pada komponen pisau potong dapat dilihat pada tabel XI dibawah ini.

TABEL XI  
PENERAPAN AGE REPLACEMENT KOMPONEN PISAU POTONG

tp(hari)	R(tp)	F(tp)	M(tp)	D(tp)
10	0,947896	0,052104	1321,494343	0,000585427
20	0,865765	0,134235	512,9430676	0,000548403
30	0,773094	0,226906	303,4525847	0,000530501
40	0,678223	0,321777	213,9840905	0,000525542
50	0,586151	0,413849	166,377267	0,000529813
60	0,499954	0,500046	137,6974079	0,000540927
70	0,421408	0,578592	119,0046255	0,000557229

- **Komponen Die**

Penerapan *age replacement* untuk menentukan interval waktu penggantian pada komponen pisau potong dapat dilihat pada tabel XII dibawah ini.

TABEL XII  
PENERAPAN AGE REPLACEMENT KOMPONEN DIE

tp (hari)	R(tp)	F(tp)	M(tp)	D(tp)
10	0,973982777	0,026017	3341,252079	0,002175671
20	0,923173088	0,076827	1131,50585	0,002010351
30	0,858162972	0,141837	612,8872054	0,001897923
40	0,784739143	0,215261	403,8360763	0,001826092
50	0,707194911	0,292805	296,8872579	0,001785867
60	0,628866385	0,371134	234,2285811	0,001770726
70	0,552323223	0,447677	194,1804992	0,001775847
80	0,479476444	0,520524	167,005122	0,001797537
90	0,411665348	0,588335	147,7562128	0,001832818

Dari tabel X dan XI diatas maka dapat diketahui untuk bahwa penjadwalan penggantian komponen dengan menggunakan *Age Replacement* untuk masing-masing komponen adalah sebagai berikut:

TABEL XIII  
PENJADWALAN PENGGANTIAN KOMPONEN

No.	Komponen	Tp (Hari)
1.	Pisau potong	40
2.	Die	60

### C. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil perhitungan yang didapatkan maka selanjutnya adalah membandingkan total cost awal dengan total cost usulan setelah penerapan metode yaitu sebagai berikut:

TABEL XIV  
TOTAL COST PERUSAHAAN DAN TOTAL COST METODE

Total Cost (TC) Perusahaan	Total Cost (TC) Metode
Rp. 18.665.850,8	Rp. 10.113.700

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dihasilkan total *cost* (TC) Perusahaan adalah sebesar Rp. 18.665.850,8 sedangkan setelah dilakukan penerapan metode *Age Replacement* total *cost* (TC) Metode adalah sebesar Rp. 10.113.700. Maka selanjutnya dihitung efisiensi antara total *cost* (TC) perusahaan dengan *Replacement* total *cost* (TC) yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \frac{TC \text{ Perusahaan} - TC \text{ usulan}}{TC \text{ Perusahaan}} \times 100\% \\ &= \frac{Rp.18.665.850,8 - Rp.10.113.700}{18.665.850,8} \times 100\% = 45,81\% \end{aligned}$$

Setelah menerapkan metode *Age Replacement* dihasilkan nilai efisiensi sebesar 45,81% sehingga metode *age replacement* dapat diterima. Dari hasil penerapan metode *Age Replacement* dapat diketahui kebutuhan tiap komponen selama 2 periode yaitu sebagai berikut:

TABEL XV  
DATA KEBUTUHAN KOMPONEN

No.	Komponen	Interval waktu penggantian	Siklus Penggantian	Jumlah
1.	Pisau potong	40 hari	9 kali/tahun	18 unit
2.	Die	60 hari	6 kali/tahun	12 unit

Berdasarkan tabel XV diatas untuk kebutuhan komponen pisau potong adalah 18 unit untuk 2 periode, sedangkan untuk komponen die adalah 12 unit.

## V. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penerapan metode *Age Replacement* didapatkan bahwa jarak (interval) waktu penggantian komponen yang optimal untuk pisau potong adalah 40 hari dengan total biaya sebesar Rp. 2.454.975 Sedangkan untuk komponen *Die* adalah 60 hari dengan total biaya sebesar Rp. 7.715.250.
2. Total biaya perawatan per 2 periode untuk melakukan penggantian komponen dengan metode *age replacement* adalah sebesar Rp. 10.113.700 sedangkan dengan metode yang saat ini diterapkan pada perusahaan menghasilkan total biaya perawatan sebesar Rp. 18.665.850,8. Total biaya yang dikeluarkan oleh metode *age replacement* lebih kecil dari total biaya perawatan pada perusahaan dengan memberikan nilai efisiensi sebesar 45,81% yang dapat diartikan bahwa usulan metode *age replacement* dapat diterima.
3. Jumlah persediaan yang optimal komponen pisau potong adalah 18 unit untuk 2 periode. Sedangkan komponen *die* adalah 12 unit untuk 2 periode.

## PUSTAKA

- Ansori dan Mustajib. 2013. *Sistem Perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Apriyani, Noor. 2017. Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Metode *Economic Order Quantity* dan Kanban Pada PT. Adyawinsa Stamping Industries. *Jurnal OPSI* Vol 10.No 2
- Assauri, S. 2016. *Manajemen Operasi Produksi*. Edisi Ketiga. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Arsyad, Muhammad. 2018. *Manajemen Perawatan*. Yogyakarta: Deepublish
- Dhamayanti, D., Alhilman, J. 2016. Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori LS440 Dengan Reliability Centered Maintenance (RCM) II dan Risk Based Maintenance (RBM) di PT ABC. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 3(02), 31-37.
- Eliyus, A. R. and Alhilman, J. 2014. Estimasi Biaya Maintenance yang Optimal dengan Metode Markov Chain dan Penentuan Umur Mesin serta Jumlah Maintenance Crew yang Optimal dengan metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PT TOA GALVA). *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, Vol.1, No. 2, pp. 48–54.
- Enru, R. R., Moektiwibowo, H., & Meladiyani, E. M. E. (2020). Analisis Pengendalian Persediaan Ayam Broiler Hidup Dengan Pendekatan Metode *Economic Order Quantity* (Eoq). *Jurnal Teknik Industri*, 9(1).
- Faishol, Arif. 2019. *Dasar-Dasar Penginderaan Jauh dan Aplikasinya Pada Bidang Pertanian*. Yogyakarta: Deepublish.
- Fathun. 2020. *Pemeliharaan kelistrikan dan kendaraan ringan*. Jakarta: Diandra kreatif.
- Jerdine, Andrew K.S. 2013. *Maintenance, Replacement and Reliability*. CRC Press
- Karunia, Rizky. 2017. Usulan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Komponen Kritis Mesin Stone Crusher Menggunakan Model *Age Replacement*. *Jurnal Teknik Industri*. Vol.5,No. 3.
- Kurniawan, Fajar. 2013. *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Praharsi, Y., Sriwana, I. K., & Sari, D. M. (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance pada PT. Artha Prima Sukses Makmur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 14(1), 59-65.
- Rausand, Marvin . 2004. *System Reliability Theory*. Canada: John Wiley & Sons Inc.

- Rinaldo, Adji Ahmad. 2016. *Pemodelan Statistika pada Analisis Reliabilitas dan Survival*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Siswanti, Evi. 2015. *Perencanaan Penjadwalan dan Persediaan Sparepart dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT.X*. *Jurnal Teknik Industri*.
- Sulaiman, Fahmi. 2015. *Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode EOQ Pada UD. Adi Mabel*. *Jurnal Teknovasi* Vol 2, No. 1
- Utomo, Moch Rezza Wira. 2018. *Perencanaan Perawatan Mesin Pump 107 Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. Petrokimia Gresik*. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur*. Vol. 2, No,2.
- Tauran, Jonathan Adriel Elly. 2018. *Perawatan Mesin Secara Preventive Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Di PT.XYZ*
- Vidiasari D.,K.Soemadi dan F.H Mustofa. 2015. *Interval Waktu Penggantian Pencegahan Optimal Komponen Sistem Printing Unit U41 Menggunakan Metode Age Replacement di PT. Pikiran Rakyat*. *Reka Integra*. Vol.03 (01),pp152-163.
- Widiyantoro, Murwan. 2019. *Penjadwalan Penggantian Komponen Gas Compresor Unit C Waukesha L7042 GSI Dengan Metode Age Replacement (PT. Pertamina EP Asset Tambun Field)*. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. Vol.19 No.2.