

## ANALISIS PERFORMANSI MESIN PADA *CORRECTIVE MAINTENANCE* DAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MODULARITY DESIGN*

Redempta Aurelia Mentari<sup>1</sup>, Trifenaus Prabu Hidayat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta  
Email: [mentari2107@gmail.com](mailto:mentari2107@gmail.com)

<sup>2</sup>Departemen Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta  
Email: [trifenausprabuhidayat@gmail.com](mailto:trifenausprabuhidayat@gmail.com)

### ABSTRACT

*PT. X is a company that produces plastic packaging for the pharmaceutical sector and already has regular customers from various pharmaceutical companies throughout Indonesia. However, currently, the maintenance of the Injection Blowing machine at PT X is not optimal, causing downtime to be very high which requires the machine to be turned off first and the expenditure for maintenance costs is relatively high. If this incident occurs continuously, it is necessary to make improvements to overcome these problems by improving the schedule for replacing components. For this reason, the method that can be used is preventive maintenance using a modularity design. The function of modularity design is to combine several components into new modules based on time and cause and effect. The homogeneity of the TTF (Time to Failure), Standard Deviation, and Nearest MTTF (Mean Time to Failure) data is the basis used in calculating time-based modularity designs, while for causality-based modularity designs the FTA (Fault Tree Analysis) approach is used. The purpose of the modularity design itself is to make it easier for the company that will make repairs, so it is not often necessary to stop the production machine while it is working. Furthermore, simulation modeling is carried out using Promodel to see the real conditions and current proposals. Through calculations in terms of costs generated for each method, it would be better if a preventive maintenance system was applied using a time-based modularity design based on the closest MTTF value (<7 days) which resulted in a total maintenance cost of Rp. 717,527,840.*

**Keywords:** *Maintenance Costs ; Modularity Design ; Preventive Maintenance ; ProModels; Simulation*

### ABSTRAK

PT. X adalah sebuah perusahaan yang memproduksi kemasan plastik untuk bidang farmasi dan sudah memiliki konsumen tetap dari berbagai perusahaan farmasi di seluruh Indonesia. Namun saat ini, perawatan mesin *Injection Blowing* pada PT X belum optimal sehingga menyebabkan *downtime* menjadi sangat tinggi yang mengharuskan mesin dimatikan terlebih dahulu dan pengeluaran untuk biaya perawatan yang relatif tinggi. Jika kejadian ini terjadi terus-menerus, maka perlu adanya *improvement* untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara memperbaiki jadwal penggantian komponennya. Metode yang dapat digunakan yaitu *preventive maintenance* dengan menggunakan *modularity design*. Fungsi dari *modularity design* adalah menggabungkan beberapa komponen menjadi modul baru yang didasarkan pada waktu dan sebab-akibat. Homogenitas data TTF (*Time to Failure*), Standar Deviasi, dan Nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) Terdekat adalah dasar yang digunakan dalam perhitungan *modularity design* berbasis waktu, sedangkan untuk *modularity design* berbasis sebab-akibat menggunakan pendekatan FTA (*Fault Tree Analysis*). Tujuan dari *modularity design* sendiri adalah untuk memudahkan pihak perusahaan yang akan melakukan perbaikan, sehingga tidak sering untuk memberhentikan mesin produksi disaat sedang bekerja. Selanjutnya dilakukan pemodelan simulasi menggunakan ProModel untuk melihat kondisi nyata dan usulan saat ini. Melalui perhitungan yang dilihat dari segi biaya yang dihasilkan pada setiap metode, akan lebih baik apabila diterapkan sistem perawatan *preventive maintenance* dengan menggunakan *modularity design* berbasis waktu berdasarkan nilai MTTF terdekat (<7 hari) yang menghasilkan total biaya perawatan sebesar Rp 717.527.840,00.

**Kata Kunci:** *Biaya Perawatan ; Modularity Design ; Preventive Maintenance ; ProModel ; Simulasi*

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pada saat ini, perkembangan industri di Indonesia sangat berkembang pesat. Dari perkembangan inilah yang menyebabkan banyaknya perusahaan bersaing terhadap hasil produksinya, baik dari

segi kualitas, kuantitas, harga, dan juga manfaat dari produknya. Tentunya untuk meningkatkan kualitas produk, diperlukan juga sebuah alat untuk memaksimalkan kinerjanya. Jika alat tersebut rusak, maka kualitas yang dihasilkan juga tidak baik dan kuantitasnya pun jauh dari target.

Pengecekan secara berkala yang dilakukan oleh pihak *maintenance* diperlukan untuk memaksimalkan kinerja alat tersebut. Jika tidak dilakukan secara berkala, maka dampak yang akan dihadapi adalah kerugian besar bagi perusahaan karena hasil produksinya tidak sesuai target, semakin banyak waktu menganggur, dan juga biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan / penggantian komponen mesin yang tidak sedikit jumlahnya. Oleh karena itu, fungsi dari adanya perawatan mesin adalah untuk pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan agar dapat berjalan dengan lancar, dapat menghindarkan dari kerusakan total sebuah mesin, selain itu untuk memperlancar penggunaan mesin agar beban mesin yang ada semakin baik (Kurniawan, 2013).

Proses pengecekan ataupun perbaikan komponen dilakukan secara berkala, terdapat metode yang digunakan untuk perawatan mesin, seperti *corrective maintenance* dan *preventive maintenance*. *Corrective maintenance* yaitu perawatan yang dilakukan setelah adanya kerusakan yang terjadi oleh suatu mesin. Sedangkan *preventive maintenance* adalah metode perawatan yang dilaksanakan dalam periode waktu yang tetap atau sesuai dengan kriteria tertentu pada berbagai tahap proses produksi (Kurniawan, 2013). Untuk lebih membantu pihak *maintenance*, terdapat metode *modularity design* untuk menggabungkan 2 atau lebih komponen yang dapat diperbaiki dalam 1 waktu.

Adanya pengelompokan mesin ini untuk meningkatkan efisiensi sistem dan biaya yang dikeluarkan serta mengurangi biaya *maintenance* pada perusahaan tersebut. Pengelompokan komponen tersebut berdasarkan faktor waktu dimana faktor waktu ini memiliki nilai *mean time to failure* yang sama yang dimiliki oleh masing-masing komponen, selain itu ada faktor sebab-akibat antar komponen yang berhubungan langsung ataupun tidak langsung. Dengan adanya penggunaan metode *modularity design* ini maka pengeluaran yang besar untuk perusahaan dapat terminimalisir.

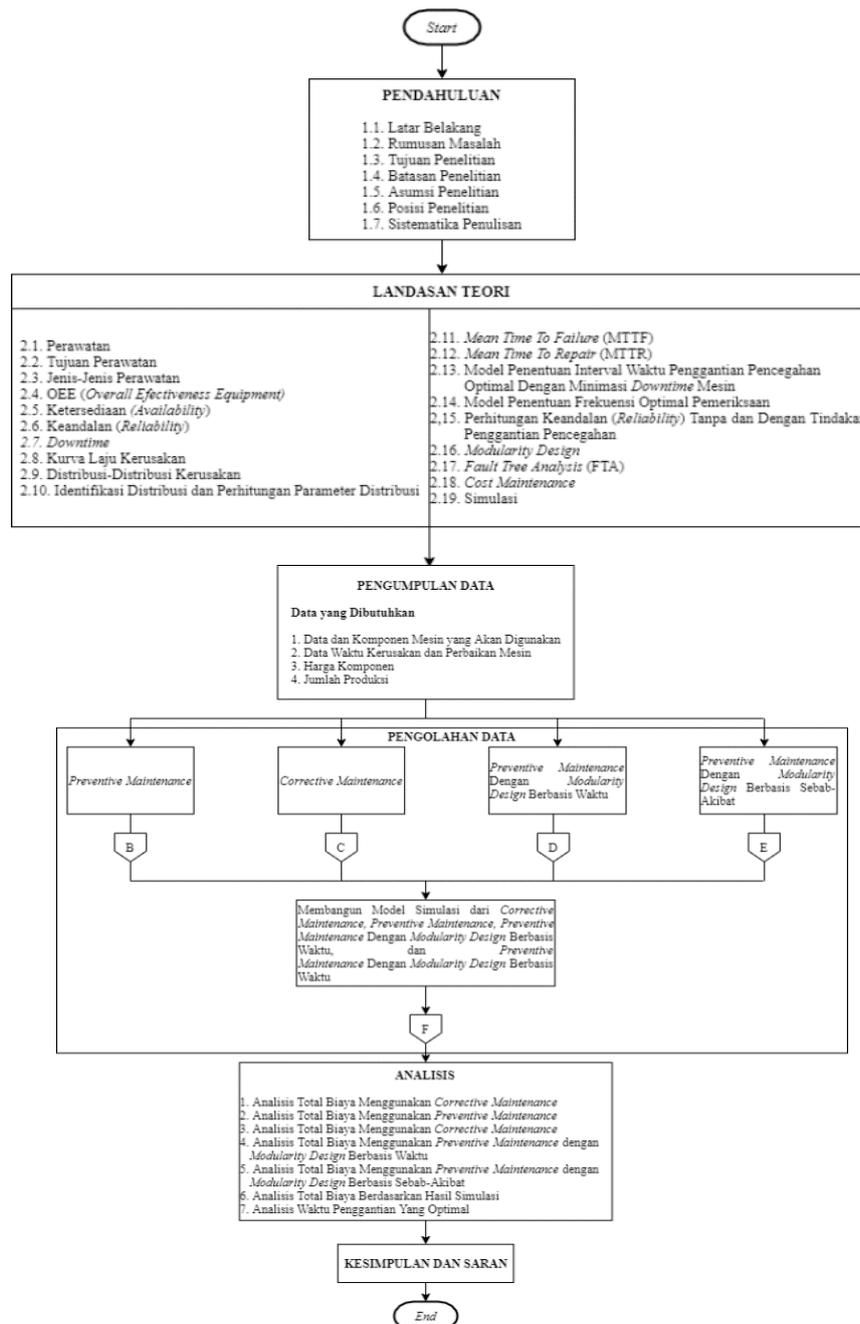
Pengeluaran yang cukup besar untuk memperbaiki mesin secara rutin perlu diminimalisir, oleh karena itu diperlukan adanya perhitungan dan perbandingan dari 2 metode tersebut. Kriteria yang digunakan untuk membandingkan metode yaitu berdasarkan utilitas mesin dan total biaya perawatan yang minimum untuk mengurangi pengeluaran perusahaan.

### **Rumusan Masalah**

Dari masalah yang telah dijelaskan diatas, maka penelitian ini berusaha untuk memberikan suatu usulan metode perbaikan pada mesin *Injection Blowing* di PT X yang optimal agar produk yang dihasilkan sesuai rencana dan tidak mengganggu jalannya proses produksi. Metode yang diusulkan yaitu *preventive maintenance* yang dipadukan dengan *modularity design* dengan bantuan *software ProModel*. *Software ProModel* sendiri ini untuk melihat apakah kondisi nyata dan kondisi usulan sudah sesuai atau belum yang dapat dilihat dari nilai utilitas mesin. Jika nilai utilitas sudah 100%, maka mesin tersebut sudah bekerja dengan optimal. Dari metode *preventive maintenance* yang dipadukan dengan *modularity design* ini dapat melihat perbandingan biaya yang didapat sehingga dapat mengetahui perkiraan biaya yang akan dikeluarkan untuk perbaikan dalam periode tertentu dan jadwal penggantian yang optimalnya.

## **2. METODE PENELITIAN**

Pada tahap ini, akan dijelaskan secara rinci dari latar belakang sampai kesimpulan dan saran tentang permasalahan yang akan diteliti sehingga dapat membuahkan hasil yang akan dicapai dalam penelitian ini. Berikut adalah alur penelitian yang digunakan:



Gambar 1. Alur Penelitian

Dari alur penelitian diatas, tahapan penelitian ini memiliki hal detail yang diamati, mulai dari pendahuluan hingga kesimpulan dan saran. Pada penelitian ini menggunakan data sekunder seperti data komponen mesin yang akan digunakan, data waktu kerusakan dan perbaikan mesin, harga komponen, dan juga jumlah produksi. Nantinya dalam pengolahan data, terdapat masing-masing proses untuk mendapatkan total biaya yang paling rendah, selanjutnya menganalisis hasil dari setiap metode yang diolah, dan kemudian ditarik kesimpulan dan saran untuk menghasilkan suatu usulan yang dapat digunakan oleh perusahaan. Setelah melakukan perhitungan biaya dari masing-masing metode, selanjutnya menerapkannya pada *software* ProModel dan melihat nilai

utilitas setiap mesin. Jika nilai utilitas sudah 100%, maka kondisi usulan mesin tersebut sudah sesuai dengan kondisi nyata dan mesin tersebut optimal bekerja.

**OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)**

Pada proses awal pengolahan data adalah menentukan mesin mana yang akan diteliti berdasarkan nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) terkecil. Nilai ideal dari OEE adalah 85% (Osma, 2010) yang diartikan jika terdapat mesin yang memiliki nilai dibawah standarnya maka harus dilakukan pengecekan dan perbaikan komponen.

Untuk menghitung nilai OEE setiap mesinnya, dapat menggunakan rumus:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \tag{1}$$

Dari rumus tersebut terdapat 3 faktor utama yang mempengaruhi perhitungan OEE, antara lain:

1. *Availability Ratio*

*Availability* adalah ketersediaan waktu mesin untuk beroperasi, dimana nilai persentase *availability ratio* ini adalah suatu perbandingan dari *actual operating time* dengan *planned working time*. Nilai ideal dari *Availability Ratio* sebesar 90%. Rumus yang digunakan adalah:

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Downtime}{Loading\ Time} \times 100\% \tag{2}$$

$$Loading\ Time = Total\ Availability\ Time - Planned\ Downtime \tag{3}$$

2. *Performance Efficiency Ratio*

*Performance efficiency ratio* adalah waktu standar operasional mesin untuk menghasilkan produk akhir yang dibagi dengan waktu aktual operasional mesin yang digunakan. Terdapat tiga faktor penting yang dibutuhkan yaitu *ideal cycle time*, *processed amount*, dan *operation time*. Nilai ideal dari *Performance Efficiency Ratio* sebesar 95%. Rumus yang digunakan adalah:

$$Performance = \frac{Processed\ Amount - Theoretical\ Time}{Operation\ Time} \tag{4}$$

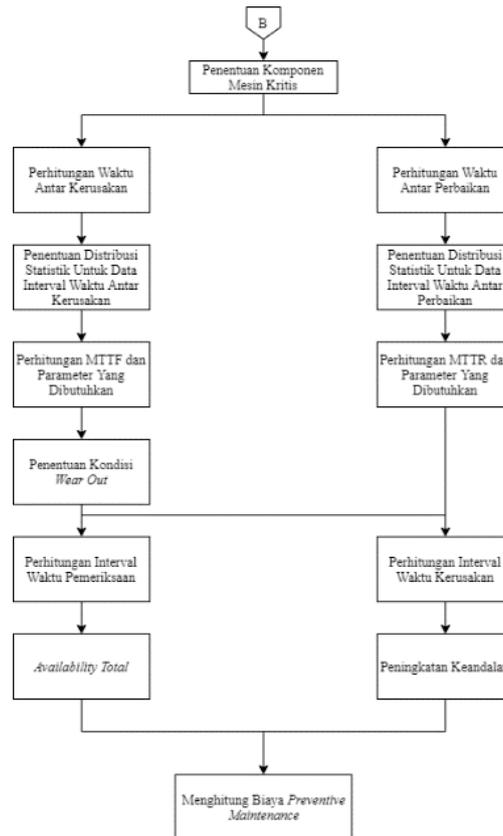
3. *Quality Ratio*

*Quality ratio* adalah sebuah rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan untuk menghasilkan produk yang telah ditentukan dan dinyatakan dalam persentase. Nilai ideal dari *Quality Ratio* sebesar 99%. Rumus yang digunakan adalah:

$$Quality\ Ratio = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Processed\ Amount} \times 100\% \tag{5}$$

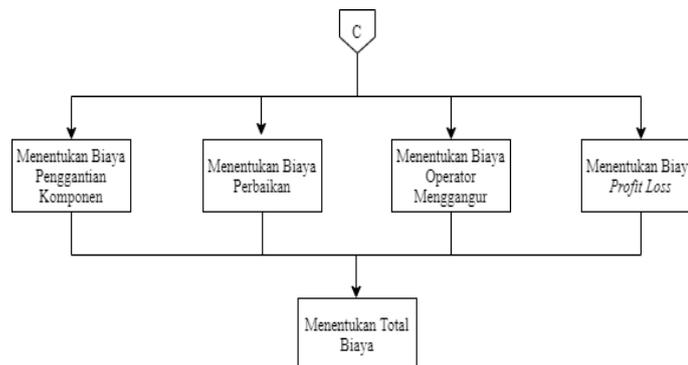
**Perhitungan Biaya**

Langkah selanjutnya adalah menghitung biaya *corrective maintenance*, *preventive maintenance*, *preventive maintenance* dengan *modularity design* berbasis waktu, dan *preventive maintenance* dengan *modularity design* berbasis sebab akibat dengan alur sebagai berikut:



Gambar 2. Alur Metode *Preventive Maintenance*

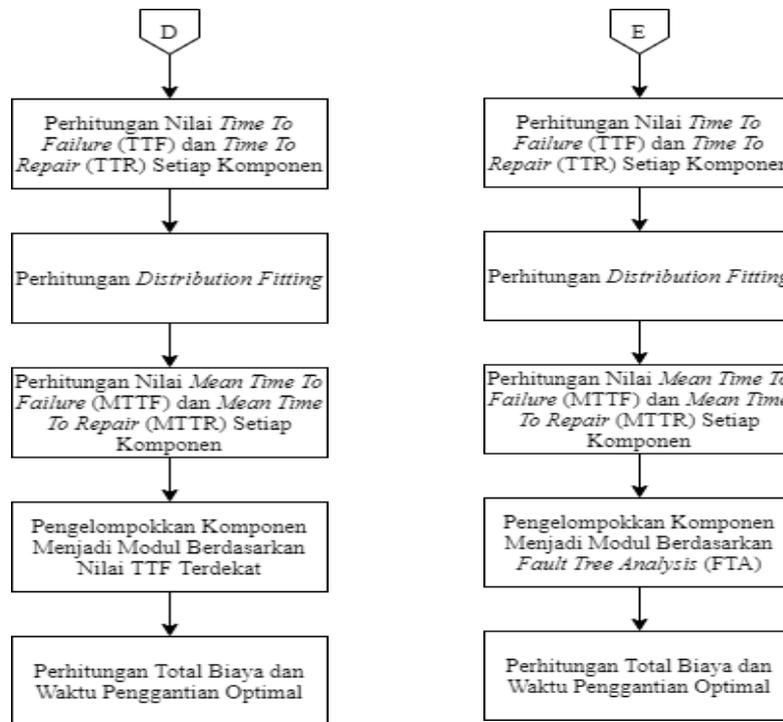
Pada alur metode *preventive maintenance* melihat dari nilai OEE setiap mesin yang selanjutnya dihitung nilai TTF (*Time To Failure*) dan TTR (*Time To Repair*) masing-masing komponen berdasarkan data historis perusahaan. Kemudian menggunakan bantuan *software* Minitab untuk menentukan distribusi terpilih dari setiap komponennya. Kemudian menentukan peluang beroperasinya mesin dan keandalan mesin tersebut, dan yang diakhiri dengan perhitungan total biaya untuk metode ini. Selanjutnya menghitung biaya dengan metode *corrective maintenance*, dengan alur sebagai berikut:



Gambar 3. Alur Metode *Corrective Maintenance*

Perhitungan metode ini dipengaruhi oleh harga dari setiap komponen, biaya untuk membayar pekerja yang memperbaiki mesin rusak, biaya atas kerugian perusahaan selama mesin tersebut tidak beroperasi, dan biaya operator mesin yang mengganggu.

Selanjutnya perhitungan biaya untuk metode *Preventive Maintenance Dengan Modularity Design* Berbasis Waktu dan Berbasis Sebab-Akibat, dengan alur sebagai berikut:



Gambar 4. Alur Metode *Preventive Maintenance Dengan Modularity Design* Berbasis Waktu dan Berbasis Sebab-Akibat

Perbedaan dari kedua metode diatas adalah terletak pada pengelompokkan komponennya namun alur pengolahannya secara garis besar sama. Berbasis waktu memiliki banyak anak metode lagi didalamnya seperti homogenitas data TTF (*Time to Failure*), standar deviasi, dan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) terdekat ; sedangkan berbasis sebab akibat hanya melihat hubungan sebab akibat yang saling mempengaruhi antar komponen saja.

Tahap selanjutnya adalah tahap simulasi dengan menggunakan bantuan *software* ProModel untuk melihat kondisi nyata dan usulannya. Setelah merancang simulasinya, kemudian simulasi ini melakukan verifikasi dan juga validasi. Verifikasi disini bertujuan untuk memeriksa apakah model yang dirancang berjalan dengan baik atau tidak, dan masih terdapat *error* atau tidak saat proses *running*. Proses verifikasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan *debuggers* melalui logika nyata dengan menentukan suatu model interaktif yang terprogram. Dan validasi dapat dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi dengan kondisi nyata di perusahaan tersebut. Selanjutnya dapat membandingkan dan mempresentasikan hasil dari 4 metode yang telah disimulasikan diatas agar dapat dijadikan solusi yang baik untuk perusahaan.

Hasil akhir yang akan digunakan sebagai usulan adalah metode dengan nilai total biaya terendah serta jadwal penggantian yang optimal juga berdasarkan dari nilai biaya terendah tersebut. Untuk utilitas pada *software* ProModel hanya dilihat saja, jika sudah memiliki utilitas 100% maka mesin tersebut sudah berada pada nilai optimalnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan rumus yang sudah dijabarkan diatas, maka nilai OEE setiap mesin *Injection Blowing* pada PT X ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai OEE Mesin *Injection Blowing*

No	Bulan	OEE				
		IB-1	IB-2	IB-3	IB-4	IB-5
1	Oktober	62%	64%	64%	69%	68%
2	November	66%	75%	62%	73%	66%
3	Desember	60%	71%	70%	68%	71%
4	Januari	65%	69%	60%	69%	70%
5	Februari	53%	73%	69%	61%	76%
6	Maret	66%	67%	68%	61%	69%
7	April	63%	61%	67%	65%	77%
8	Mei	67%	74%	68%	69%	72%
9	Juni	62%	51%	60%	60%	60%
10	Juli	53%	65%	62%	63%	66%
11	Agustus	69%	64%	69%	60%	67%
12	September	71%	63%	59%	69%	73%
<b>Rata-Rata</b>		<b>63%</b>	<b>66%</b>	<b>65%</b>	<b>66%</b>	<b>70%</b>

Jika dilihat dari rata-rata nilai OEE pada setiap mesinnya pada Tabel 1, maka dapat diketahui bahwa setiap mesin ini masih kurang dari standar yang telah ditentukan yaitu sebesar 85%. Dan dapat disimpulkan bahwa performansi mesin *Injection Blowing* masih kurang baik sehingga harus melakukan pengecekan dan perbaikan agar kinerja mesin dapat menjadi optimal kembali. Dikarenakan semua mesin harus melakukan pengecekan dan perbaikan secara berkala, maka semua mesin *Injection Blowing* dihitung dalam semua pengolahan data pada metode *corrective maintenance*, metode *Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Berbasis Waktu* dan *Berbasis Sebab-Akibat*. Hasil perhitungan total biaya masing-masing metode, didapatkan hasil seperti ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Biaya Antar Metode

Metode	Total Biaya Perawatan
<i>Corrective Maintenance</i>	Rp 2,636,382,500
<i>Preventive Maintenance</i>	Rp 2,309,005,562
<i>Preventive Maintenance dengan Modularity Design Berbasis Waktu Berdasarkan Homogenitas Data TTF</i>	Rp 2,939,373,680
<i>Preventive Maintenance dengan Modularity Design Berbasis Waktu Berdasarkan Standar Deviasi</i>	Rp 4,049,821,738
<i>Preventive Maintenance dengan Modularity Design Berbasis Waktu Berdasarkan Nilai MTTT Terdekat (&lt;1 Hari)</i>	Rp 6,094,551,866
<i>Preventive Maintenance dengan Modularity Design Berbasis Waktu Berdasarkan Nilai MTTT Terdekat (&lt;2 Hari)</i>	Rp 4,099,348,350
<i>Preventive Maintenance dengan Modularity Design Berbasis Waktu Berdasarkan Nilai MTTT Terdekat (&lt;3 Hari)</i>	Rp 2,438,197,280

Metode	Total Biaya Perawatan	
<i>Preventive Maintenance</i> dengan <i>Modularity Design</i> Berbasis Waktu Berdasarkan Nilai MTTF Terdekat (<4 Hari)	Rp	1,498,298,200
<i>Preventive Maintenance</i> dengan <i>Modularity Design</i> Berbasis Waktu Berdasarkan Nilai MTTF Terdekat (<5 Hari)	Rp	1,094,742,960
<i>Preventive Maintenance</i> dengan <i>Modularity Design</i> Berbasis Waktu Berdasarkan Nilai MTTF Terdekat (<6 Hari)	Rp	1,025,840,340
<i>Preventive Maintenance</i> dengan <i>Modularity Design</i> Berbasis Waktu Berdasarkan Nilai MTTF Terdekat (<7 Hari)	Rp	717,527,840
<i>Preventive Maintenance</i> dengan <i>Modularity Design</i> Berbasis Sebab-Akibat Berdasarkan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	Rp	6,832,670,644

Berdasarkan Tabel 2 perbandingan biaya antar metode, didapatkan hasil bahwa metode *preventive maintenance* dengan *modularity design* berbasis waktu berdasarkan nilai MTTF terdekat (<7 Hari) memiliki nilai biaya yang paling minimum sebesar Rp 717.527.840 sehingga metode ini dapat dipilih sebagai metode usulan untuk mesin *Injection Blowing* PT X.

Tahap simulasi menggunakan *software* ProModel adalah dengan menginput data waktu yang berasal dari perhitungan historis data TTF dan TTR yang ada sebelumnya. Waktu ini digunakan pada saat *runtime* simulasi, menentukan waktu proses, waktu kedatangan, dan juga *macros* dari range waktu tersebut. Utilitas mesin tidak digunakan karena semua mesin dalam setiap metode memiliki nilai utilitas 100% yang menyatakan bahwa mesin tersebut sudah sesuai dengan kondisi nyata dan optimal dalam bekerja. Penentuan waktu penggantian yang optimal dilihat dari total biaya setiap metode yang menghasilkan biaya terkecil. Berdasarkan Tabel 2 perbandingan biaya antar metode, didapatkan bahwa biaya terkecil terdapat pada metode *preventive maintenance* dengan menggunakan metode *modularity design* berbasis waktu berdasarkan nilai MTTF terdekat (<7 Hari). Maka contoh waktu penggantian yang optimalnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Waktu Penggantian Optimal Mesin IB-1

Komponen	Durasi Waktu	Komponen	Durasi Waktu
<i>Heater, Neple</i>	1 Jam 59 Menit	<i>Selang Hydrolic, Relay, Neple</i>	2 Jam 52 Menit
<i>Contactor</i>	1 Jam 37 Menit	<i>Contactor</i>	1 Jam 38 Menit
<i>Relay, Neple</i>	1 Jam 38 Menit	<i>Relay, Selang Hydrolic, Thermocouple, Neple, Heater</i>	4 Jam 50 Menit
<i>Contactor, Relay, Heater, Neple</i>	4 Jam 18 Menit	<i>Limit Switch, Contactor, Relay, Selang Hydrolic, Neple</i>	4 Jam 45 Menit
<i>Selang Hydrolic</i>	1 Jam 13 Menit	<i>Relay</i>	40 Menit
<i>Relay, Neple, Contactor, Thermocouple</i>	3 Jam 33 Menit	<i>Contactor, Neple, Selang Hydrolic</i>	3 Jam 50 Menit
<i>Selang Hydrolic, Limit Switch, Relay</i>	2 Jam 41 Menit	<i>Heater, Selang Hydrolic</i>	2 Jam 14 Menit
<i>Neple, Heater, Contactor</i>	7 Jam 21 Menit	<i>Thermocouple, Relay</i>	1 Jam 26 Menit
<i>Neple, Contactor, Limit Switch, Selang Hydrolic</i>	4 Jam 38 Menit	<i>Neple, Contactor, Heater</i>	3 Jam 38 Menit
<i>Relay</i>	40 Menit	<i>Relay</i>	40 Menit

**Tabel 3. Waktu Penggantian Optimal Mesin IB-1 (Lanjutan)**

Komponen	Durasi Waktu	Komponen	Durasi Waktu
<i>Relay, Heater, Limit Switch</i>	2 Jam 29 Menit	<i>Relay, Contactor</i>	2 Jam 18 Menit
<i>Selang Hydraulic, Neple, Contactor</i>	3 Jam 50 Menit	<i>Heater, Thermocouple</i>	1 Jam 58 Menit
<i>Relay</i>	40 Menit	<i>Contactor</i>	1 Jam 38 Menit
<i>Neple, Selang Hydraulic</i>	2 Jam 11 Menit	<i>Contactor, Neple</i>	2 Jam 37 Menit
<i>Neple, Thermocouple</i>	1 Jam 55 Menit	<i>Relay, Selang Hydraulic</i>	1 Jam 53 Menit
<i>Selang Hydraulic, Relay, Contactor</i>	3 Jam 32 Menit	<i>Heater, Contactor, Neple</i>	3 Jam 38 Menit
<i>Limit Switch, Neple</i>	1 Jam 46 Menit	<i>Relay, Selang Hydraulic, Thermocouple</i>	2 Jam 49 Menit

Berdasarkan Tabel 3 Waktu Penggantian Optimal Mesin IB-1, seperti contoh pada komponen *Heater* dan *Neple* membutuhkan waktu 1 jam 59 menit untuk penggantian komponennya, sedangkan untuk komponen *Contactor* membutuhkan waktu 1 jam 37 menit. Penggantian komponen ini berada pada hari yang berbeda (<7 hari) sesuai dengan metode yang dipilih dan lamanya penggantian komponen berdasarkan nilai interval waktu penggantian per komponen (tp).

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem perawatan yang digunakan pada PT X saat ini adalah *corrective maintenance* yang dilakukan bila mesin tiba-tiba mengalami kerusakan sehingga interval waktu penggantian komponen yang optimal.
2. Performansi mesin *injection blowing* dinilai dengan menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Nilai rata-rata OEE mesin IB-1 sebesar 63%, IB-2 sebesar 66%, IB-3 sebesar 65%, IB-4 sebesar 66%, dan IB-5 sebesar 70%. Nilai rata-rata OEE seluruh mesin kurang dari nilai ideal sebesar 85% sehingga perlu adanya *continuous improvement*.
3. Metode terpilih yang optimal dari total biaya perawatan adalah metode *preventive maintenance* dengan menggunakan *modularity design* berbasis waktu berdasarkan nilai MTTF terdekat (<7 hari) dengan modul yang terbentuk adalah pengelompokan 35 komponen dari 5 mesin yang dijadikan satu modul untuk perawatan dan penggantian komponennya.
4. Jadwal yang optimal untuk penggantian komponen dengan menggunakan metode *modularity design* berbasis waktu berdasarkan nilai MTTF terdekat (<7 hari).
5. Dari hasil total biaya perawatan yang telah diolah dan dibandingkan, didapatkan bahwa sistem perawatan *modularity design* berbasis waktu berdasarkan nilai MTTF terdekat (<7 hari) memiliki total biaya yang paling minimum dengan nilai sebesar Rp 717.527.840,00.
6. Tujuan dari mensimulasikan *preventive maintenance* dan *preventive maintenance* dengan menggunakan *modularity design* adalah untuk membandingkan apakah kondisi nyata di perusahaan dengan simulasi yang dirancang terdapat perbedaan atau tidak.

Adapun saran yang dapat diberikan kepada perusahaan ataupun kepada peneliti selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penilaian performansi mesin untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin. Penilaian performansi mesin dapat dilakukan dengan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

2. Perlu adanya kerjasama dari pihak produksi dan pihak *maintenance* dikarenakan interval penggantian yang dilakukan adalah setiap 7 hari kerja sekali agar semua sistem produksi dalam berjalan dengan baik.
3. Dapat menerapkan kebijakan suatu metode baru pada sistem perawatan mesin agar *downtime* yang terjadi selama ini dapat diminimalisir.

### Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung dan memberikan saran yang membangun selama proses penyusunan Tugas Akhir, untuk itu penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
3. Bapak Yanto, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
4. Ibu Dra. Enny Widawati, M.T., selaku Koordinator Seminar dan Tugas Akhir.
5. Bapak Trifenaus Prabu Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing dan memberi saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
6. Kristine J. yang telah membantu penulis dalam pemberian data untuk penelitian ini.

### REFERENSI

- Fahmi, Afif. (2013). *Implementasi Total Productive Maintenance Sebagai Penunjang Produktivitas Dengan Pengukuran Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Rotary Kth-8 (Studi Kasus PT Indonesian Tobacco)*. Program Studi Teknik Industri, Universitas Brawijaya, Malang.
- Kurniawan, F. (2013). *Manajemen Perawatan Industri: Teknik dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Osma Taisir R. (2010). "Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness Measurement, Dept. of Industrial Engineering, Hashemite University". *Jordan. Journal. JJMIE*, Volume 4, No. 4, September 2010 : ISSN, 1995-6665, pg. 517-522.
- Riyanto, Agus. (2014). *Simulasi Sistem ANtrian Menggunakan Promodel di RS Hasan Sadikin Bandung*. Bansung: Universitas Komputer Indonesia.
- Subagja, T. (2018). "Analisis Perawatan Mesin Rolling Secara Berkala Dengan Pendekatan Modularisasi Desain". *Seminar Nasional Teknologi*, P-ISSN: 2615-1561.
- Tarigan, Paulus, Elisabeth Ginting, dan Ikhsan Siregar. (2013). "Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada PT RXZ". *E-Jurnal Teknik Industri*, Vol 3, No. 3.
- Wahid, Abdul., & Agung, Rahmad. (2016). "Perhitungan Total Produktifitas Maintenance (TPM) Pada Mesin Bobbin Dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Di PT XY". *Journal Knowledge Industial Engineering*, Vol. 03, 40-49.