

PENERAPAN METODE *MODULARITY DESIGN* PADA PERAWATAN MESIN *MIXER* SECARA *PREVENTIVE* DI PT XYZ

Az Zaim Zaky Suwondo¹⁾, Endang Pudji Widjajati²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
e-mail: azzsuwondo@gmail.com¹⁾, endangp.ti@upnjatim.ac.id²⁾

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur. PT. XYZ merupakan perusahaan nasional pertama yang memproduksi semen instan siap pakai (premixed mortar) dengan menggunakan mesin dan teknologi modern. Proses produksi pada perusahaan ini adalah continuous production. Maka apabila terjadi downtime pada salah satu mesin akan mengalami hambatan pada keseluruhan proses produksi. Dari pengecekan terhadap semua mesin yang ada didalam perusahaan setiap harinya, didapatkan mesin yang banyak mengalami kerusakan dan data downtime terbesar adalah Mixer. Jenis perawatan yang digunakan saat ini adalah perawatan korektif (corrective maintenance), dimana perbaikan akan dilakukan ketika telah terjadi kerusakan. Oleh karena itu tujuan dilakukan penelitian untuk memberikan usulan perawatan secara preventive maintenance dengan metode modularity design dengan cara pengelompokan mesin berdasarkan fungsi, dengan harapan dapat mempermudah dalam proses penggantian komponen, mengurangi waktu downtime pada mesin produksi dan meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan mesin. Dengan menerapkan preventive maintenance dengan metode modularity design didapatkan hasil total biaya perawatan sebesar Rp. 99.947.343,-. Hasil ini memiliki selisih Rp. 60.530.711,- lebih kecil dari total biaya perawatan yang digunakan perusahaan saat ini yaitu Rp. 160.478.045,. Sesuai perhitungan, tingkat efisiensinya adalah sebesar 37,71% dan dapat disimpulkan bahwa metode yang diusulkan layak untuk diterapkan oleh perusahaan.

Kata Kunci: *Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Modularity Design.*

ABSTRACT

PT. XYZ is a company engaged in manufacturing. PT. XYZ is the first national company to produce premixed mortar using modern machinery and technology. The production process at this company is continuous production. So if there is downtime on one machine will experience obstacles in the entire production process. From checking all the machines that are in the company every day, it is found that the machine that suffered a lot of damage and the biggest downtime data is Mixer. The type of treatment currently used is corrective maintenance, where repairs will be carried out when damage has occurred. Therefore, the aim of the research is to propose preventive maintenance with the modularity design method by grouping machines based on functions, with the hope that it can simplify the process of component replacement, reducing downtime on production machines and minimizing losses due to engine damage. By applying preventive maintenance with the modularity design method, the total maintenance cost is Rp. 99,947,343, -. This result has a difference of Rp. 60,530,711, - smaller than the total cost of maintenance used by the company today, which is Rp. 160,478,045. According to calculations, the efficiency level is 37.71% and it can be concluded that the proposed method is feasible to be applied by the company.

Keywords: *Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Modularity Design.*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dan jasa. Perusahaan ini berdiri pada tahun 1996, menjadikan perusahaan yang memproduksi semen instan siap pakai atau *premixed mortar* pertama di Indonesia dengan mesin yang dioperasikan melalui komputer yang terintegrasi berteknologi modern m-tec Jerman. Proses produksi pada perusahaan ini adalah *continuous production*. Maka apabila terjadi downtime pada salah satu mesin akan mengalami hambatan pada keseluruhan proses produksi. Mesin- mesin yang digunakan adalah *Scale Hopper, Mixer, Hopper under Mixer*, dan *Hopper Packer*. Setiap mesin berfungsi membantu proses produksi hingga barang jadi. Mesin yang sering mengalami kondisi paling kritis adalah *Mixer*.

Mesin *Mixer* merupakan mesin yang digunakan untuk mencampur, bahan-bahan utama yang digunakan dalam proses produksi semen instan. Kerusakan yang terjadi pada *Mixer* akan mempengaruhi produksi semen pada proses selanjutnya. Artinya, ketika proses produksi di *Mixer* terhambat, maka secara otomatis proses selanjutnya juga akan terhambat. Hal inilah yang menyebabkan penulis menganalisa permasalahan pada mesin *Mixer*. Mesin *Mixer* pada pabrik semen PT. XYZ terdiri atas beberapa komponen yaitu *AC Motor, Fluid Coupling, Flap, Pneumatic Cylinder*, dan *Pneumatic Aksesoris*.

PT. XYZ melakukan perawatan pada mesin *Mixer* selama ini dengan memberhentikan mesin-mesin yang mengakibatkan kerugian yang besar pada perusahaan karena berhentinya proses produksi. Dari data yang berhasil dihimpun total biaya perawatan *corrective maintenance* yang digunakan perusahaan saat ini yaitu Rp. 160.478.045,- dalam satu tahun. Metode *preventive maintenance* merupakan metode usulan pada penelitian ini, dimana data historis kerusakan mesin pada masa lalu digunakan sebagai acuan sistem perawatan yang akan dilakukan secara berkala dan kontinu. *Preventive maintenance* yang memiliki arti perawatan pencegahan merupakan tindakan pencegahan kerusakan komponen mesin pada saat tidak terduga dengan membuat jadwal kegiatan pemeriksaan komponen mesin serta penggantian komponen mesin pada interval waktu tertentu. Pengelompokan mesin berdasarkan fungsi dan proses pada sistem *preventive maintenance* berguna untuk peningkatan efisiensi sistem. Penerapan metode *Modularity Design* dengan mengelompokkan komponen berdasarkan ke dalam modul-modul tertentu dengan harapan dapat mempermudah dalam melakukan penggantian komponen-komponen mesin, dan mempersingkat waktu *maintenance*, serta mengurangi biaya *maintenance* pada perusahaan tersebut. Dengan diadakan penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang tepat terkait pemeliharaan mesin khususnya mesin *Mixer* yang ada di PT. XYZ sehingga perusahaan dapat mengurangi terjadinya kerusakan dan penghematan total biaya pemeliharaan mesin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Perawatan

Pengertian dari perawatan atau *maintenance* adalah aktivitas atau usaha yang dilakukan untuk memelihara kualitas sebuah komponen atau fasilitas agar dapat berfungsi sebagai mana mestinya dan selalu dalam kondisi siap pakai (Arisugewo et al., 2018). Definisi lain dari perawatan yaitu tindakan mencakup pemeliharaan, pembersihan, pemeriksaan, penggantian, perbaikan dan penyetulan pada sebuah objek yang pada waktu tertentu (Setiaji dan Runtut, 2017). *Maintenance* atau perawatan dilakukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perencanaan yang ada dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan dan menjaga fasilitas yang ada serta memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan pada fasilitas tersebut. Kegiatan perbaikan merupakan peningkatan dari suatu kondisi ke kondisi lain yang lebih baik juga termasuk dalam definisi perawatan (Mashuri et al , 2017).

B. Biaya Tenaga Kerja. dan Biaya Downtime

Perhitungan biaya tenaga kerja dan biaya *downtime* mesin dicari untuk menentukan biaya perawatan pada perusahaan (Subagja, 2018). Biaya *downtime* adalah biaya yang disebabkan, dimana suatu *equipment* tidak dapat beroperasi disebabkan adanya kerusakan (*failure*). (Hendrawan, 2018) Sehingga biaya *downtime* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Biaya Downtime} = (\text{HPP per unit} - \text{HBB}) \times \text{Jumlah output per jam} \quad (1)$$

Sedangkan untuk biaya kerugian akibat mesin *downtime* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Biaya Mesin Downtime} = \frac{\text{Waktu Downtime /menit}}{60 \text{ menit}} \times \text{Biaya Downtime/jam} \quad (2)$$

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan sebagai akibat pemanfaatan tenaga kerja dalam melakukan produksi (Sudradjat, 2011). Untuk menentukan biaya tenaga kerja dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Biaya Operator} = \frac{\text{Gaji/Bulan (Rp)}}{\text{Jam Kerja/Bulan (Jam)}} \quad (3)$$

$$\text{Biaya Total Operator} = \text{B Op} \times \text{Jumlah Op} \quad (4)$$

Sehingga didapatkan biaya operator menganggur, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Biaya Operator Menganggur} = \frac{\text{Waktu Dt /menit}}{60 \text{ menit}} \times \text{B Op/jam} \quad (5)$$

Dari perhitungan biaya *downtime* mesin dan perhitungan biaya tenaga kerja, didapatkan total biaya awal yang dapat dirumuskan:

$$\text{TC Awal} = \text{TB Per} + \text{Kerugian Dt} + \text{Kerugian Op Menganggur} + \text{BTK/Op} \quad (6)$$

C. Modularity Design

Pengembangan modular pada awalnya diharapkan akan menghasilkan sejumlah besar varian dalam sebuah produk individu atau ukuran jarak dan pada pengembangan sebuah sistem baru. Konsep *Modularity Design* merupakan konsep yang akan diterapkan pada sistem perawatan dimana biasanya digunakan pada proses desain sebuah produk (Novarina, 2009). Penggunaan modularisasi dilakukan untuk memudahkan pemindahan dan penggantian komponen dengan melakukan pengelompokan produk dalam bentuk suatu unit yang berbeda berdasarkan fungsinya. Hal ini menimbulkan keuntungan dan membuahkan solusi terbaik dari sisi teknik yang telah dirancang (Tarigan et al., 2013). *Modularity* dapat mengurangi biaya perawatan atau biaya servis yang memudahkan dalam melakukan perbaikan maupun pemeliharaan dengan mengelompokkan komponen berdasarkan *similiary* dan *dependency* (Witonohadi et al., 2018). Sistem modular juga memberi keuntungan bagi operator yakni memungkinkan adanya perubahan dan meningkatkan kemudahan dalam *maintenance*, durasi waktu pengiriman yang lebih pendek, ketersediaan komponen cadangan dengan baik, memiliki jangkauan dan perubahan fungsi yang lebih luas, dapat menghilangkan faktor kegagalan pada produksi (Silalahi et al., 2008). Metode ini memungkinkan adanya skema partisi yang tidak perlu dioptimalkan dan perhitungan yang tidak rumit karena pengelompokkan komponen menjadi modul independen berdasarkan persamaan tiap komponennya (Zheng, et al., 2015).

D. Uji Distribusi Kerusakan

Uji distribusi kerusakan dilakukan setelah memperoleh variabel random dari waktu terjadinya kerusakan setiap peralatan sehingga menghasilkan nilai keandalan peralatan (Yanti, 2015). Interval waktu kerusakan komponen digunakan untuk menentukan Distribusi kerusakan. Dalam uji distribusi kerusakan terdapat empat distribusi yang umumnya digunakan dalam menghitung tingkat keandalan sebuah peralatan. Distribusi tersebut yaitu:

1. Distribusi Eksponensial, Distribusi eksponensial merupakan pemodelan laju kerusakan pada pengoperasian sistem secara kontinyu dengan konstan.

2. Distribusi Weibull, Distribusi Weibull merupakan distribusi yang umum digunakan dalam menghitung keandalan komponen, dimana dibantu oleh 2 parameter yaitu parameter bentuk (β) dan parameter skala (η) dalam perhitungannya.
3. Distribusi Lognormal, Distribusi Lognormal merupakan gambaran kondisi yang bervariasi pada distribusi kerusakan.
4. Distribusi Normal, Distribusi normal merupakan pemodelan kondisi sebuah komponen *wearout* atau biasa disebut fenomena keausan (kelelahan) (Ansori dan Mustajib, 2013).

E. MTTF (Mean Time to Failure) dan MTTR (Mean Time to Repair)

Dari perhitungan distribusi kerusakan maka dapat dilanjutkan pada MTTF dan MTTR. Keandalan untuk suatu sistem seringkali dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem atau alat tersebut, yang dinotasikan dengan $E[T]$ dan sering disebut rata-rata waktu kerusakan atau *mean to failure* (MTTF) (Ansori dan Mustajib, 2013). MTTF hanya digunakan pada komponen atau alat-alat yang sering sekali mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen atau alat yang masih baru atau baik.

Untuk MTTF dirumuskan sebagai berikut:

$$E[T] = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (7)$$

MTTR adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan (*repair*). MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan (*failure*). MTTR dirumuskan sebagai berikut:

$$E[T] = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (8)$$

F. Biaya Perawatan Penggantian

Penggantian (*Replacement*) bertujuan untuk mengurangi biaya operasi. Penggantian merupakan tindakan preventif, sebelum terjadinya kerusakan fatal yang menimbulkan biaya yang lebih besar lagi (Murdianto, 2010). Untuk menentukan biaya penggantian komponen karena perawatan, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_p = [(B_{op} + B_{mek}) \times MTTR] + HK \quad (9)$$

Pada kasus produksi terhenti yang diakibatkan mesin yang mengalami kerusakan secara tiba-tiba akan timbul *Corrective cost* pada proses *maintenance* (Yicong et.al, 2010). Untuk menentukan biaya penggantian komponen karena kerusakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_f = [(B_{op} + B_{mek} + B_{Dt}) \times MTTR] + HK \quad (10)$$

G. Interval Waktu Perawatan Optimal

Dari perhitungan biaya perawatan penggantian, maka dapat diketahui *interval* waktu perawatan optimal dan jumlah biaya yang dikeluarkan untuk perawatan optimal berdasarkan *interval* waktu (Julianingsih dan Anggono, 2005). Waktu perawatan yang optimal antara kegiatan penggantian preventif, dapat diketahui dengan memilih *interval* waktu yang memiliki biaya terendah. Untuk *interval* waktu perawatan optimal dapat dirumuskan:

$$TM = \eta \times \left| \frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right|^{\frac{1}{\beta}} \quad (11)$$

Dimana:

TC = Biaya total perawatan per satuan waktu

C_f = Biaya penggantian kerusakan komponen

C_p = Biaya penggantian pencegahan komponen

H. Total Biaya Perawatan

Perencanaan dapat dilakukan apabila manajemen dapat menghitung biaya perawatan dengan benar (Jardine et al., 2013). Biaya perawatan adalah biaya menjalankan operasi yang terdiri dari biaya perawatan bahan baku, biaya perawatan tenaga kerja, biaya sub-kontrak (biaya perawatan pembayaran kontrak) (Hariyanto et al., 2017). Biaya perawatan

dan kerusakan pada posisi seimbang dengan total cost yang paling minimal merupakan hasil dari pola perawatan yang optimal (Kurniawan, 2013).

Penggunaan persamaan distribusi weibull dalam perhitungan *total cost* perawatan dengan menggunakan metode *modularity design* dapat dicari dengan rumus dibawah ini (Yanti,2015):

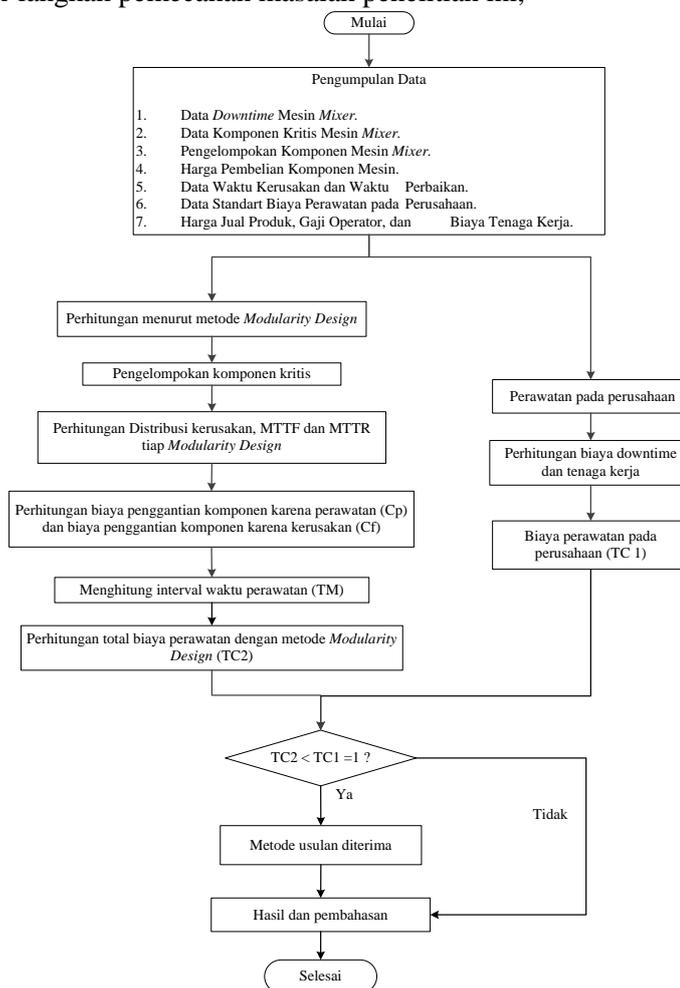
$$TC = \frac{C_f}{\eta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_p}{TM} \quad (12)$$

Rumus perhitungan efisiensi *total cost* dengan membandingkan biaya perawatan usulan dengan biaya perawatan perusahaan adalah :

$$\text{Efisiensi} = \frac{TC \text{ Perusahaan} - TC \text{ Usulan}}{TC \text{ Perusahaan}} \times 100\% \quad (13)$$

III.METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, perlu dilakukan langkah-langkah pemecahan masalah. Berikut langkah-langkah pemecahan masalah penelitian ini,



Gambar 1. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

Berikut penjelasan langkah–langkah penelitian dan pemecahan masalah:

1. Pengumpulan Data
Peneliti mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan perusahaan untuk memecahkan masalah. Data tersebut meliputi data pengelompokan mesin dan komponennya, lama waktu kerusakan, lama waktu perbaikan, biaya tenaga kerja, biaya pembelian komponen serta biaya akibat mesin menganggur.
2. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja dan Biaya *Downtime*
Menghitung biaya kerja dan biaya downtime berdasarkan pada data.
3. Biaya Perawatan pada Perusahaan (TC1)
Pada tahap ini dilakukan penjabaran mengenai biaya perusahaan yang sekarang diterapkan perusahaan.
4. Pengelompokan Komponen Kritis
Dengan menggunakan data komponen dan sub komponen maka dapat dikelompokkan komponen kritis.
5. Perhitungan Keandalan
Menentukan komponen akan beroperasi sesuai dengan fungsi yang ditetapkan dalam jangka waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasional tertentu.
6. Perhitungan Distribusi Kerusakan, MTTF dan MTTR
Menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya, menghitung rata-rata waktu kerusakan dan menghitung waktu rata-rata perbaikan yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu komponen.
7. Menghitung Interval Waktu Perawatan.
Pada tahap ini dilakukan perhitungan interval waktu perawatan untuk setiap modul.
8. Perhitungan Total Biaya Perawatan menggunakan Metode *Modularity Design* (TC2).
Biaya perawatan yang dihitung untuk menghasilkan biaya usulan pada perusahaan.
9. Perbandingan Biaya
Perbandingan biaya antara perawatan pada perusahaan (TC1) dan perawatan usulan secara *modularity design* (TC2).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung biaya perawatan pada perusahaan atau *Total Cost* awal dan menghitung biaya perawatan dengan metode usulan yaitu *Modularity Design*.

1. Biaya Perawatan Pada Perusahaan

a. Biaya Perawatan Komponen

Berdasarkan data informasi dari perusahaan, untuk biaya perawatan komponen dapat dilihat pada tabel I berikut ini.

TABEL I
DATA BIAYA PERAWATAN PADA PERUSAHAAN

No	Komponen	Sub-Komponen	Biaya Perawatan (Mei 2019-April 2020)
1	<i>AC Motor</i>	<i>Drive Pulley</i>	Rp1.860.000
		<i>Bearing</i>	Rp 5.268.000
		<i>Main Shaft</i>	Rp 5.120.000
2	<i>Agitator</i>	Pisau Agitator Lurus	Rp 1.200.000
		Motor Agitator	Rp 16.520.000
3	<i>Shaft Compensation Coupling</i>	Sensor Speed	Rp 9.310.000
		Shaft Agitator Mixer	Rp 7.260.000
4	<i>Fluid Coupling</i>	<i>Impeller</i>	Rp 3.280.000
		Turbin	Rp 19.050.000
5	<i>Gear Box</i>	<i>Paking Gearbox</i>	Rp28.020.000
		<i>Cover Shaft Mixer</i>	Rp2.900.000
		<i>Input Shaft Cover Gearbox</i>	Rp 3.280.000
Total			Rp 99.784.400

Sumber: Data Perusahaan

Data tersebut diperoleh dari pihak perusahaan yang merupakan data riil dari biaya perawatan perusahaan selama periode Mei 2019 sampai dengan April 2020.

b. Perhitungan Biaya *Downtime* dan Biaya Tenaga Kerja

Berdasarkan data yang dihimpun perhitungan biaya tenaga kerja dan biaya *downtime* dapat dilihat pada tabel II di bawah ini.

TABEL II
KERUGIAN MASING-MASING KOMPONEN

No	Komponen	Kerugian Akibat <i>Downtime</i>	Kerugian Akibat Operator Mengganggu	Biaya Mekanik
1	Shaft Compesation Coupling	750,000	13,125	27,500
2	Gear Box	1,825,000	31,938	66,917
3	AC Motor	2,225,000	38,938	81,583
4	Agitator	2,625,000	45,938	96,250
5	Shaft Compesation Coupling	925,000	16,188	33,917
6	AC Motor	600,000	10,500	22,000
7	Gear Box	1,300,000	22,750	47,667
8	Shaft Compesation Coupling	1,175,000	20,563	43,083
9	Agitator	1,025,000	17,938	37,583
10	Fluid Coupling	1,625,000	28,438	59,583
11	Gear Box	2,025,000	35,438	74,250
12	Shaft Compesation Coupling	1,175,000	20,563	43,083
13	AC Motor	925,000	16,188	33,917
14	Shaft Compesation Coupling	1,225,000	21,438	44,917
15	AC Motor	1,900,000	33,250	69,667
16	Fluid Coupling	2,575,000	45,063	94,417
17	Gear Box	1,200,000	21,000	44,000
18	AC Motor	1,100,000	19,250	40,333
19	AC Motor	1,225,000	21,438	44,917
20	Shaft Compesation Coupling	1,300,000	22,750	47,667
21	Fluid Coupling	1,175,000	20,563	43,083
22	Agitator	1,275,000	22,313	46,750
23	AC Motor	1,350,000	23,625	49,500
24	Gear Box	1,325,000	23,188	48,583
25	Shaft Compesation Coupling	1,525,000	26,688	55,917
26	Shaft Compesation Coupling	900,000	15,750	33,000
27	AC Motor	1,425,000	24,938	52,250
28	Gear Box	1,575,000	27,563	57,750
29	Fluid Coupling	1,800,000	31,500	66,000
30	AC Motor	1,475,000	25,813	54,083
31	Agitator	2,000,000	35,000	73,333
32	Shaft Compesation Coupling	1,375,000	24,063	50,417
33	Fluid Coupling	1,950,000	34,125	71,500
34	Gear Box	950,000	16,625	34,833
35	Gear Box	3,175,000	55,563	116,417
36	AC Motor	1,800,000	31,500	66,000
37	Agitator	1,950,000	34,125	71,500
38	Shaft Compesation Coupling	1,825,000	31,938	66,917
Total		57,575,000	1,007,563	2,111,083

Sumber: Data Diolah.

Pada tabel II di atas diketahui kerugian akibat *downtime* yang dialami perusahaan selama periode Mei 2019 sampai April 2020 adalah sebesar Rp. 57.575.000,-. Sedangkan dalam periode yang sama, perusahaan juga mengalami kerugian akibat operator mengganggu adalah sebesar Rp. 1.007.563,- dan biaya mekanik sebesar Rp. 2.111.083.

c. Total Biaya Perawatan Pada Perusahaan

Adapun hasil perhitungan total biaya perawatan perusahaan (TC 1) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{TC 1} &= \text{Total biaya perawatan} + \text{Kerugian akibat } \textit{downtime} + \text{Kerugian akibat operator mengganggu} + \text{Biaya Mekanik} \\
 &= \text{Rp } 99.784.400 + \text{Rp. } 57.575.000 + \text{Rp. } 1.007.563 + \text{Rp. } 2.111.083 \\
 &= \text{Rp } 160.478.045,83 \text{ ,-}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Biaya Perawatan dengan Metode Modularity Design

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya perawatan dengan metode yang diusulkan, yaitu metode *modularity design*.

- a. Pengelompokan Komponen Kritis Menurut *Modularity Design*
Berikut adalah pengelompokan komponen kritis menjadi beberapa modul sesuai dengan struktur dan fungsinya. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel III di bawah ini.

TABEL III
MODUL KOMPONEN MESIN MIXER

Modul	Komponen
Modul 1	<i>AC Motor</i>
	<i>Shaft Compensation Coupling</i>
	<i>Fluid Coupling</i>
	<i>Gear Box</i>
Modul 2	<i>Agitator</i>
	<i>AC Motor</i>
Modul 3	<i>AC Motor</i>
Modul 4	<i>Shaft Compensation Coupling</i>
Modul 5	<i>Gear Box</i>

Sumber: Data Diolah

- b. Uji Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan
Berikut adalah data yang telah dikelompokkan untuk setiap modulnya yang ditampilkan pada tabel IV dibawah ini.

TABEL IV
PENGELOMPOKKAN DATA BERDASARKAN MODUL

Modul	Komponen	Waktu Downtime (Menit)	Waktu Antar Kerusakan (Menit)
Modul 1	<i>Shaft Agitator Mixer (Shaft Compensation Coupling)</i>	47	122,400
		36	118,080
		103	126,720
		72	
		65	128,160
		47	120,960
		78	
		53	122,400
Modul 2	<i>Input Shaft Cover (Gear Box)</i>	44	119,520
		59	
		51	96,480
		80	84,960
Modul 2	<i>Agitator (Pisau Agitator Lurus)</i>	78	
		105	90,720
		41	
		76	82,080
Modul 3	<i>AC Motor (Main Shaft)</i>	54	
		89	82,080
		24	99,360
		37	89,280
		49	80,640
		57	99,360
Modul 4	<i>AC Motor (Bearing)</i>	72	
		30	84,960
		37	96,480
		47	93,600
		52	67,680
		61	64,800
		55	90,720
Modul 5	<i>Shaft Compensation Coupling (Sensor Speed)</i>	73	95,040
		73	79,200
		52	82,080
		81	97,920
		48	80,640
		63	82,080
Modul 5	<i>Gear Box (Paking Gear Box)</i>	38	99,360

Sumber: Data Diolah

Selanjutnya dilakukan uji distribusi dengan menggunakan *software Minitab 17*. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian distribusi pada masing-masing modul.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN DISTRIBUSI BERDASARKAN DATA *DOWNTIME*

No.	Komponen	Jenis Distribusi	Parameter	
			β (<i>shape</i>)	η (<i>scale</i>)
1	Modul 1	<i>Weibull</i>	2,659	73,279
2	Modul 2	<i>Weibull</i>	3,675	76,823
3	Modul 3	<i>Weibull</i>	2,805	61,593
4	Modul 4	<i>Weibull</i>	4,265	55,826
5	Modul 5	<i>Weibull</i>	4,357	64,949

Sumber: Data Diolah

Nilai parameter diperoleh dengan melihat nilai *estimate* pada pengujian distribusi tersebut dan dapat dilihat pada lampiran F. Parameter bentuk/*shape* (β) menggambarkan bentuk distribusi pada distribusi *Weibull*. Sedangkan parameter skala/*scale* (η) menggambarkan sebaran data pada distribusi *Weibull* dan ditampilkan pada tabel VI berikut ini.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN DISTRIBUSI BERDASARKAN WAKTU ANTAR KERUSAKAN

No.	Komponen	Jenis Distribusi	Parameter	
			β (<i>shape</i>)	η (<i>scale</i>)
1	Modul 1	<i>Weibull</i>	37,09	124314
2	Modul 2	<i>Weibull</i>	17,3	91220,3
3	Modul 3	<i>Weibull</i>	12,899	93877,4
4	Modul 4	<i>Weibull</i>	8,706	88249,8
5	Modul 5	<i>Weibull</i>	11,974	90695,0

Sumber: Data Diolah

c. Perhitungan MTTR dan MTTF

Setelah diperoleh distribusi serta parameter masing-masing distribusi, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Mean Time To Failure* (MTTF) dengan menggunakan rumus $MTTR/MTTF = \eta\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$. Hasil perhitungan manual pada lampiran H dapat dilihat pada table VII berikut ini.

TABEL VII
PERHITUNGAN MTTF DAN MTTR

No.	Komponen	MTTR (Menit)	MTTF (Menit)
1	Modul 1	65,16	122926,65
2	Modul 2	69,47	88.802,69
3	Modul 3	54,88	90.511,89
4	Modul 4	50,84	83.606,97
5	Modul 5	59,30	87.042,71

Sumber: Data Diolah

d. Perhitungan Biaya Penggantian Komponen Karena Perawatan (Cp) dan Biaya Penggantian Komponen Karena Kerusakan (Cf)

1. Biaya penggantian komponen karena perawatan (Cp)

Biaya ini meliputi tenaga kerja operator dan harga komponen. Perhitungan Cp untuk setiap modul dapat dilihat pada tabel VIII di bawah ini.

TABEL VIII
BIAYA PENGGANTIAN KOMPONEN KARENA PERAWATAN (CP)

Modul	Sub-Komponen	MTTR (Menit)	Cp	Cp Modul
Modul 1	<i>Drive Pulley (AC Motor)</i>		1,018,238	
	<i>Shaft Agitator Mixer (Shaft Compensation)</i>		2,508,238	
	<i>Impeller (Fluid Coupling)</i>	65,16	1,728,238	13,231,188
	<i>Turbin (Fluid Coupling)</i>		6,438,238	
	<i>Input Shaft Cover (Gearbox)</i>		1,538,238	
Modul 2	<i>Pisau Agitator Lurus (Agitator)</i>		494,074	
	<i>Main Shaft (AC Motor)</i>	69,47	2,654,074	11,502,222
Modul 3	<i>Motor Agitator (Agitator)</i>		8,354,074	
	<i>Bearing (ACMotor)</i>	59,3	952,317	952,317
Modul 4	<i>Sensor Speed (Shaft Compensation)</i>	50,84	1,398,846	1,398,846
Modul 5	<i>Paking Gearbox (Gear Box)</i>	54,88	4,750,302	4,750,302

2. Biaya penggantian komponen karena kerusakan (Cf)

Biaya penggantian ini meliputi biaya operator, biaya mekanik, biaya kehilangan produksi, dan harga komponen dimana keseluruhan biaya tersebut merupakan kerugian yang diakibatkan karena kerusakan komponen. Perhitungan (Cf) untuk setiap modul dapat dilihat pada tabel IX di bawah ini.

TABEL IX
BIAYA PENGGANTIAN KOMPONEN KARENA KERUSAKAN (CF)

Modul	Sub-Komponen	Komponen	MTTR (Menit)	Cf	Cf Modul
Modul 1	<i>Drive Pulley</i>	<i>AC Motor</i>	65,16	2,647,238	21,376,188
	<i>Shaft Agitator Mixer</i>	<i>Shaft Compensation Coupling</i>		4,137,238	
	<i>Impeller</i>	<i>Fluid Coupling</i>		3,357,238	
	<i>Turbin</i>	<i>Fluid Coupling</i>		8,067,238	
	<i>Input Shaft Cover Gearbox</i>	<i>Gear Box</i>		3,167,238	
Modul 2	<i>Pisau Agitator Lurus</i>	<i>Agitator</i>	69,47	2,230,824	16,712,472
	<i>Main Shaft</i>	<i>AC Motor</i>		4,390,824	
Modul 3	<i>Motor Agitator</i>	<i>Agitator</i>	59,3	10,090,824	2,324,317
	<i>Bearing</i>	<i>AC Motor</i>		2,324,317	
Modul 4	<i>Sensor Speed</i>	<i>Shaft Compensation Coupling</i>	50,84	2,669,846	2,669,846
Modul 5	<i>Paking Gearbox</i>	<i>Gear Box</i>	54,88	6,232,802	6,232,802

Sumber: Data Diolah

e. Menghitung Interval Waktu Perawatan (TM)

Perhitungan untuk interval waktu perawatan ini meliputi biaya penggantian karena perawatan (Cp), biaya penggantian komponen karena kerusakan (Cf), nilai *scale*, dan nilai *shape* pada waktu antar perawatan. Nilai TM pada masing-masing modul dapat dilihat pada tabel X di bawah.

TABEL X
INTERVAL WAKTU PERAWATAN

Komponen	Parameter		Cp	Cf	TM (menit)
	β (shape)	η (scale)			
Modul 1	37,09	124314	Rp 13.231.188	Rp 21.376.188	111407,3191
Modul 2	17,3	91220,3	Rp 11.502.222	Rp 16.712.472	75970,27851
Modul 3	12,899	93877,4	Rp 952.317	Rp 2.324.317	72300,20327
Modul 4	8,706	88249,8	Rp 1.398.846	Rp 2.669.846	64804,56577
Modul 5	11,974	90695	Rp 4.750.302	Rp 6.232.802	72584,93517

Sumber: Data Diolah

f. Perhitungan Total Biaya Perawatan dengan Menggunakan Metode *Modularity Design*

Total biaya perawatan dihitung menurut satuan waktu yang digunakan. Karena pada data di atas menggunakan satuan menit, maka berdasarkan data yang berdistribusi *Weibull* maka total biaya perawatannya ditampilkan pada tabel XI berikut ini.

TABEL XI
REKAPITULASI PERHITUNGAN TC

Komponen	TC (Rp/menit)
Modul 1	Rp 122.05/menit
Modul 2	Rp 160.69 /menit
Modul 3	Rp 14.27 /menit
Modul 4	Rp 24.38 /menit
Modul 5	Rp 71.40 /menit

Sumber: Data Diolah

Sehingga didapatkan total biaya perawatan per tahunnya yang ditampilkan pada tabel XII berikut.

TABEL XII
PERHITUNGAN TOTAL BIAYA PER-TAHUN MENGGUNAKAN *MODULARITY*

Komponen	Total Biaya (Rupiah/tahun)
Modul 1	Rp 34.387.521,28
Modul 2	Rp 22.917.233,45

Modul 3	Rp 5.274.155,42
Modul 4	Rp 9.320.055,62
Modul 5	Rp 28.048.377,36
Total	Rp 99.947.343,15

Sumber: Data Diolah

Total biaya perawatan mesin *Mixer* yang dihitung dengan menggunakan metode *modularity design* adalah sebesar Rp 99.947.343,15,- per tahun.

3. Memilih Metode Perawatan dengan Biaya Minimum

Berdasarkan hasil perhitungan maka selanjutnya dapat dihitung perbandingan perawatan pada tabel XIII sebagai berikut:

TABEL XIII

PERBANDINGAN TOTAL BIAYA PERAWATAN PERUSAHAAN DAN <i>MODULARITY DESIGN</i>	
Total Biaya Perawatan Perusahaan	Total Biaya dengan <i>Modularity Design</i>
Rp. 160.478.045,83,-/tahun	Rp 99.947.343,15-/tahun

Sumber: Data Diolah

Dari tabel 13 tersebut dapat diketahui bahwa total biaya perawatan perusahaan adalah sebesar Rp 160.478.045,83,- per tahun. Sedangkan pada metode *modularity design* dihasilkan total biaya perawatan sebesar Rp 99.947.343,15,- per tahun. Selanjutnya dapat dihitung efisiensi antara biaya perawatan pada perusahaan dengan metode usulan. Perhitungan efisiensi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= \frac{\text{TC Perusahaan} - \text{TC Usulan}}{\text{TC Perusahaan}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp } 160.478.045,83 - \text{Rp } 99.947.343,15}{\text{Rp } 160.478.045,83} \times 100\% \\
 &= 37,71 \%
 \end{aligned}$$

C. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah hasil analisa serta pembahasan mengenai hasil dari penelitian:

1. Berdasarkan data perawatan pada perusahaan dapat diketahui bahwa perawatan yang diterapkan pada perusahaan adalah *corrective maintenance* dimana perawatan hanya dilakukan pada saat terjadinya kerusakan. Sehingga didapatkan total biaya perawatan per tahunnya sebesar Rp 160.478.045,83,- per tahun.
2. Pada metode *modularity design* penggantian komponen dilakukan per kelompok/modul, dimana setiap modul berisi komponen-komponen yang memiliki kesamaan fungsi. Perawatan dan penggantian komponen per modul dilakukan berdasarkan interval waktu penggantian komponen yang telah dihitung. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan interval waktu penggantian komponen yang optimal pada modul 1 sebesar 111.407 menit, modul 2 sebesar 75.970,3 menit, modul 3 sebesar 72.300,2 menit, modul 4 sebesar 64.804,6 menit, dan modul 5 sebesar 72.584,9 menit. Dengan melakukan perawatan/penggantian komponen secara modular maka akan mengurangi jumlah *downtime* yang dialami mesin. Yang artinya pemberhentian mesin akibat perawatan akan lebih sedikit sehingga dapat meminimalkan kerugian akibat kehilangan produksi. Dari hasil perhitungan, penerapan metode *modularity design* menghasilkan total biaya perawatan per tahunnya sebesar Rp 99.947.343,15,-.
3. Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui apabila total biaya pada perusahaan sebesar Rp 160.478.045,83,- per tahun dan total biaya usulan sebesar Rp 99.947.343,15,- per tahun, maka didapatkan nilai efisiensi metode usulan/*modularity design* terhadap teknik perawatan awal adalah sebesar 37.71%. Sehingga metode perawatan usulan dengan *modularity design* dapat diterima.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan biaya perawatan pada mesin *Mixer* di PT. XYZ dapat diketahui bahwa metode perawatan *modularity design* memiliki total biaya perawatan per tahun-nya adalah sebesar Rp 99.947.343,15,- dengan interval waktu penggantian komponen yang optimal pada modul 1 sebesar 111.407 menit, modul 2 sebesar 75.970,3 menit, modul

3 sebesar 72.300,2 menit, modul 4 sebesar 64.804,6 menit, dan modul 5 sebesar 72.584,9 menit. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara biaya perawatan pada metode usulan *modularity design* dengan biaya perawatan pada perusahaan yang memiliki nilai sebesar Rp 160.478.045,83,- per tahun.

Dari angka tersebut dapat diketahui perbandingan antara total biaya perawatan dengan metode *modularity design* dengan total biaya perawatan pada perusahaan, dimana biaya yang dikeluarkan oleh metode *modularity design* lebih kecil dibandingkan dengan total biaya perawatan pada perusahaan setiap tahun-nya dengan nilai efisiensi sebesar 37.71%. Data tersebut menunjukkan bahwa *Total Cost* usulan (TC2) lebih kecil diandingkan *Total Cost* awal perusahaan (TC1), sehingga metode perawatan usulan dengan *modularity design* dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori & Mustajib. 2013. Sistem Perawatan Terpadu. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Arisugewo, Donni. Tatas, Fransiskus. & Budiasih, Endang. 2018. Perancangan Kebijakan Optimasi Sistem Perawatan Pada Mesin DIBN (Double Indian Ballbreaker Net Sorter) Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (LCC) Dan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Di PT. Perkebunan Nusantara VIII Perkebunan Ciater. E-Proceeding Of Engineering : Vol.5, No.2. Page 2688
- Hariyanto, H., Rahayuningsih, S., & Santoso, H. 2017. Analisa Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design Pada PT. Surya Pamenang. JATI UNIK: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri, 1(1), 24-31.
- Hendrawan, N. (2018). Optimalisasi Produksi Kertas Dengan Peninjauan Pemeliharaan Dan Perbaikan Prediktif Dan Preventif Pada Pt. Setia Kawan Makmur Sejahtera. Jurnal Valtech, 1(2), 57-60.
- Jardine, Andrew K.S. Jardine & Tsang, Albert H.C. 2013. Maintenance, Replacement, And Reliability Theory And Applications. Florida: CRC Press
- Julianingsih, J., & Anggono, W. 2005. Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintainance (Studi Kasus Di Perusahaan Tepung Ikan). Jurnal Teknik Industri, 7(1), 61-75.
- Kurniawan, Fajar. 2013. Teknik Dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Mashuri, Muhammad. Fitra Aksioma, Diaz & Samuel Yosepha, Ayub. 2017. Penentuan Kebijakan Waktu Optimum Perbaikan Komponrn Mesin Finish Mill Di PT. Semen Indonesia, Tbk Plant Tuban. Jurnal Sains Dan Seni ITS Vol. 6, No.2 Pp. D180-D185.
- Murdianto, R. 2010. Perencanaan Interval Perawatan Mesin Produksi Untuk Mengoptimalkan Biaya Perawatan Menggunakan Preventive Maintenance System Pada Pt. Riau Crumb Rubber Factory (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).
- Novarina, E. R. (2009). Sistem Perawatan Berbasis Pencegahan Menurut Rancangan Modularity Task Dalam Upaya Penurunan Biaya Perawatan Pada PT. Cakra Compact Aluminium Industries.
- Setiaji, Ganjar & Johan K. Runtuk. 2017. Perencanaan Penjadwalan Perawatan Preventif Pada Mesin Duplex Di Pabrik Kertas. Jurnal Teknik Industri Up. Vol. 2 (2). Pp. 117 – 128.
- Silalahi, A., Sukwadi, R., & Hidayat, T. P. 2008. Usulan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Pada Mesin Surface Mounting Technology (Studi Kasus: Pt. X). In Prosiding Seminar Nasional Teknoin.
- Subagja, Tatang. 2018. Analisis Perawatan Mesin Rolling Secara Berkala Dengan Pendekatan Modularisasi Desain. Seminar Nasional Teknologi. Pp 172-177
- Sudradjat, Ating. 2011. Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri. Bandung : Refika Aditama.
- Tarigan, P., Ginting, E., & Siregar, I. 2013. Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada Pt. Rxz. Jurnal Teknik Industri Usu, 3(3), 219447.
- Witonohadi, Amal. Amran, Tiena G. & Herawati, Niken. 2018. Usulan Perawatan Mesin Secara Preventif Dengan Pendekatan Modularisasi Desain Pada Pt. Bai. Jurnal Teknik Industri 3(1).
- Yanti, Vivi Tri. 2015. Penerapan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Pada Mesin Goss Di Pt. Abc. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yicong, Gao. Yixiong, Feng. & Jianrong, Tang. 2010. Product Modular Design Incorporating Preventive Maintenance Issues. Chinese Journal of Mechanical Engineering.
- Zheng, H. Feng, Y. Tan, J. & Zang, Z. 2015. An Integrated Modular Design Methodology Based on Maintenance Performance Consideration. Journal of Engineering Manufacture. University of Birmingham, UK