



Penentuan Interval Perawatan Mesin *Wood Pallet* Secara Preventif Dengan Metode *Modularity Design* Dan *Age Repalcement* Pada PT Yale Woodpallet Indonesia

Shesfi Nur Hidayah

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: 19032010025@student.upnjatim.ac.id

Endang Pudji Widjajati

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: endangpudjiti@gmail.com

Korespondensi penulis: 19032010025@student.upnjatim.ac.id

ABSTRACT. *In an effort to increase productivity to ensure smooth production processes, it is necessary to implement an appropriate maintenance system to reduce production machine downtime. The purpose of company maintenance is to keep production machines in good condition so that production operations can run efficiently and effectively. PT Yale Woodpallet Indonesia is a company in Indonesia that produces wooden pallets (wood pallet). This company often experiences problems with damage to machines due to suboptimal machine maintenance because the maintenance system is carried out to repair damaged components with new components resulting in downtime. Among these problems, this study aims to determine maintenance intervals to minimize maintenance costs by using modularity design and age replacement methods. Based on the analysis of the results obtained, it is known that the modularity design and age replacement methods can achieve optimal component replacement intervals for pallet machine components is 30,000 minutes, rotary screening components are 33,200 minutes and hopper components are 33,200 minutes. The total maintenance cost per year is Rp. 2,115,610,959, -. compared to the company's maintenance costs which have a value of Rp. 2,668,692,000, the maintenance system using the modularity design and age replacement method is more efficient by 1.27%.*

Keywords: *Age Replacement, Downtime, Maintenance, Modularity Design..*

ABSTRAK. Dalam upaya peningkatan produktivitas yang menjamin kelancaran proses produksi, perlu diterapkan sistem perawatan yang tepat untuk mengurangi downtime mesin produksi. Tujuan pemeliharaan perusahaan adalah untuk menjaga agar mesin-mesin produksi tetap dalam kondisi baik agar operasi produksi dapat berjalan dengan efisien dan efektif. PT Yale Woodpallet Indonesia merupakan perusahaan di Indonesia yang memproduksi palet kayu (wood pallet). perusahaan ini sering mengalami masalah kerusakan pada mesin dikarenakan perawatan mesin yang kurang optimal karena sistem pemeliharaan dilakukan memperbaiki komponen yang rusak dengan komponen baru sehingga mengakibatkan downtime. Di antara permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan interval perawatan untuk meminimalkan biaya perawatan dengan menggunakan metode modularity design dan age replacement. Berdasarkan analisis terhadap hasil yang diperoleh diketahui bahwa dengan metode modularity

Received April 07, 2023; Revised Mei 02, 2023; Accepted Juni 01, 2023

* Shesfi Nur Hidayah, 19032010025@student.upnjatim.ac.id

design dan age replacement dapat dicapai interval penggantian komponen yang optimal pada komponen mesin pallet adalah 30.000 menit, komponen rotary screening adalah 33.200 menit serta komponen hopper adalah 33.200 menit. Total biaya perawatan per tahun-nya adalah sebesar Rp 2.115.610.959,- dibandingkan dengan biaya perawatan perusahaan yang memiliki nilai sebesar Rp. 2.668.692.000 maka sistem perawatan dengan menggunakan metode modularity design dan age replacement lebih efisien sebesar 1,27%.

Kata Kunci: Age Replacement, Downtime, Maintenance, Modularity Design.

PENDAHULUAN

PT Yale Woodpallet Indonesia adalah perusahaan Indonesia yang memproduksi palet kayu sebagai bahan bakar alternatif (bioenergi) terbarukan dan ramah lingkungan dari limbah. Perusahaan ini juga sering menghadapi masalah yang diakibatkan oleh kerusakan mesin, karena sistem perawatan mesin terdiri dari perbaikan komponen yang rusak ataupun menggantinya dengan yang baru, sehingga mengakibatkan terhentinya proses produksi dan downtime hingga 4 hari. Jika mekanik perusahaan tidak dapat menangani kerusakan yang diakibatkan, perusahaan akan memanggil mekanik dari luar pabrik, tergantung kondisinya. Jika mekanik luar tidak bisa, maka pabrik akan memanggil mekanik langsung dari China, karena mesin pabrik dibuat di China. Sehingga dapat menurunkan produktivitas perusahaan. *Downtime* yang paling lama adalah pada mesin *wood pallet* yang berada di bagian dinamo mesin dan komponen dinamo pemotong. Itu sebabnya para peneliti ingin mengurangi *downtime* dari 4 hari menjadi lebih sedikit.

Metode untuk mengatasi masalah ini ialah dengan Age replacement. *Age replacement* ialah metode perawatan mesin yang menjadi penentu usia komponen serta interval penggantian komponen guna meminimalkan biaya perawatan. Selain metode *Age replacement*, dapat menggunakan metode *modularity design*. *Modularity design* adalah metode di mana elemen mesin dikelompokkan sesuai dengan urutan proses perbaikan mesin.

LANDASAN TEORI

A. Maintenance

Maintenance merupakan kegiatan pendukung yang signifikan yang tujuannya adalah untuk menjamin kelangsungan peran (fungsionalitas) sistem produksi (perangkat, mesin) sehingga dapat digunakan pada saat dibutuhkan dalam kondisi yang diharapkan (Santoso & Tj, 2022). Menurut Fajar Kurniawan (2013) yang dikutip oleh Santoso (2022) Perawatan (maintenance) yaitu pemeliharaan adalah kegiatan merawat, memperbaiki, mengganti, membersihkan, menarik dan memeriksa benda yang dirawat. Konsep ini didasarkan pada kemauan seseorang untuk

mendapatkan kenyamanan dan keamanan pada barang-barang yang dipunyainya, sehingga kebutuhan masyarakat bisa terpenuhi, berfungsi secara optimal serta bertahan pada waktu yang dikehendaki. Namun, dengan merencanakan dan menjadwalkan operasi pemeliharaan dengan mempertimbangkan kemampuan dukungan dan kriteria minimalisasi biaya, dapat mencapai sistem pemeliharaan yang diinginkan.

B. Tujuan Perawatan

Menurut Septiani (2020) yang dikutip oleh Muhaemin (2022) Tujuan dari sistem pelayanan dan pemeliharaan yang baik adalah untuk menghilangkan fluktuasi sistem. Sistem wajib didesain serta dipelihara guna memenuhi kinerja yang diharapkan dan standar kualitas. Dengan fungsi pemeliharaan ini, maka peralatan produksi bisa dipakai dalam kegiatan produksi sesuai rencana serta tidak akan terjadi kerusakan sepanjang peralatan tersebut digunakan dalam proses produksi sebelum jangka waktu yang direncanakan. Pemeliharaan mencakup semua sumber daya yang berfungsi untuk menjaga agar peralatan pabrik tetap bekerja.

C. Keandalan (Reability)

Menurut (Santoso & Tj, 2022) keandalan (*Reability*) yaitu dimana peralatan dapat bekerja dengan baik dalam kondisi normal. Tingkat keandalan menunjukkan kemungkinan bahwa mesin atau perangkat tidak akan rusak selama proses berlangsung. Reliabilitas merupakan fungsi waktu, sehingga dibutuhkan reliabilitas untuk mengukur reliabilitas. Fungsi keandalan ini adalah hubungan diantara keandalan dengan waktu (Arif, 2009) Menurut (Kurniawan, 2013) *reliability* atau keandalan menunjukkan keberadaan atau kondisi aset. Keadaan ini dapat digambarkan sebagai positif atau negatif. Konsep reliabilitas mencakup metode statistik.

D. Perencanaan pemeliharaan

Perencanaan pemeliharaan adalah rencana kerja yang disusun berdasarkan waktu, terstruktur dan koheren yang berguna untuk mengefektifkan pekerjaan sehingga tercapai hasil produktivitas yang baik (Santoso & Tj, 2022). *Overhaul* adalah suatu kegiatan dimana dilakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap suatu mesin atau bagian mesin untuk mengetahui kerusakan yang terjadi dan mengambil tindakan perbaikan untuk menghilangkan kerusakan tersebut agar mesin dapat beroperasi sesuai dengan situasi dan standar yang diinginkan (Purwoko, 2015).

E. Mean Time to Failure dan Mean Time to Repair

Menurut Julianingsih (2017) yang dikutip oleh Budi (2022), *Mean Time to Failure* adalah rata-rata kegagalan suatu sistem (komponen) di masa mendatang. Untuk sistem yang bisa diperbaiki, MTTF ialah masa pakai perangkat. Saat pertama kali dipergunakan atau dioperasikan, perangkat akan tetap di tempatnya hingga perangkat gagal lagi atau perlu diperiksa kembali. MTTF dirumuskan sebagai berikut:

$$MTTF = \frac{\text{waktu total} - \text{downtime} - \text{waktu yang tidak dimanfaatkan}}{\text{jumlah kerusakan}} \dots\dots\dots(1)$$

Mean Time to Repair adalah rata-rata waktu pemeriksaan atau perbaikan suatu komponen sampai komponen tersebut digunakan dan dihidupkan kembali.

$$MTTR = \frac{\text{Total waktu terhentinya alat akibat kerusakan (tidak terjadwal)}}{\text{jumlah kerusakan}} \dots\dots\dots(2)$$

F. Biaya Perawatan Preventif

Berdasarkan Handoko dalam Yanti (2015), biaya pemeliharaan *preventif* yakni terdiri dari penyesuaian peralatan dan pemeriksaan, biaya perbaikan, dan waktu produksi yang hilang akibat tindakan tersebut. Biaya pemeliharaan korektif adalah biaya yang dikeluarkan sebagai akibat dari kerusakan atau ketidakmampuan peralatan, termasuk kehilangan produksi, biaya pemeliharaan, atau biaya penggantian peralatan.

Sudrajat (2011) mendefinisikan biaya pemeliharaan sebagai biaya pemeliharaan operasional, yang terdiri dari biaya pemeliharaan bahan baku, biaya tenaga kerja pemeliharaan dan biaya subkontrak (biaya kontrak untuk biaya pemeliharaan). Biaya perawatan juga dapat dipahami sebagai biaya yang timbul dari perawatan dan pemeliharaan peralatan agar pekerjaan dapat berjalan normal.

G. Modularity Design

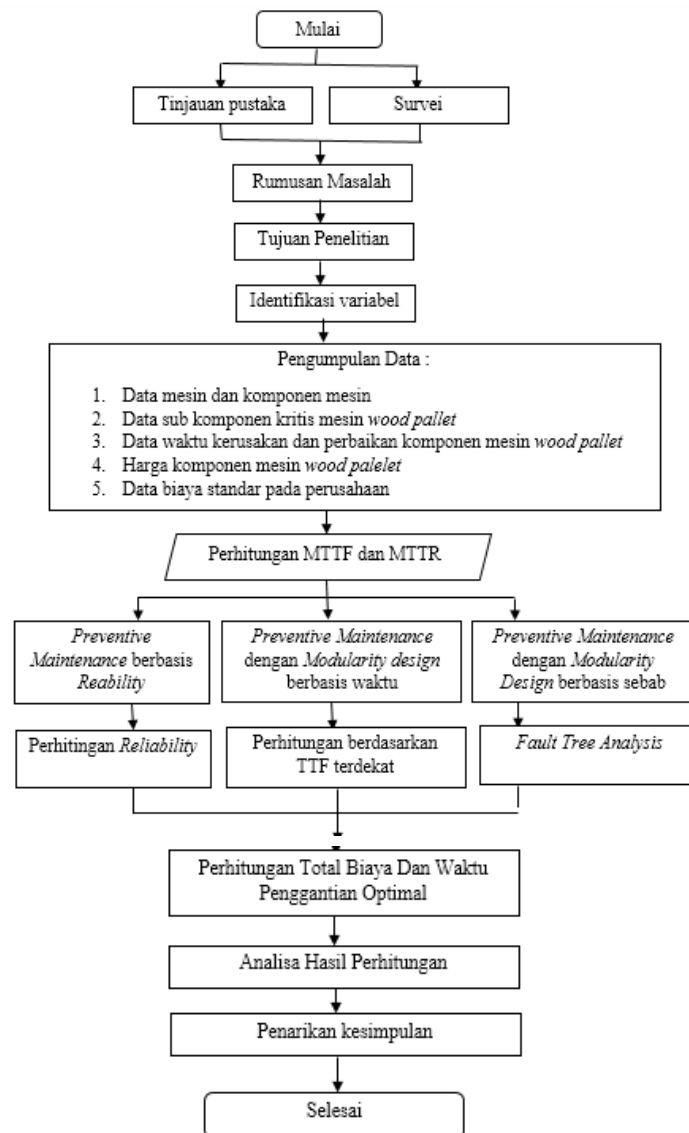
Menurut Balbir.S (2006:117), *Modularity* berarti pengelompokan komponen yang serupa struktur fungsionalnya, yang memudahkan proses perbaikan dan penggantian komponen tersebut. Dalam *modularity design*, masalah terprogram yang kompleks dipecah menjadi beberapa elemen yang kemudian digabungkan menjadi satu unit untuk memenuhi persyaratan sistem. Masing-masing elemen tersebut disebut modul (Nakagawa, 2005).

H. Metode Age Replacement

Metode *age-replacement* adalah metode perawatan *preventif* dimana interval perawatan *preventif* ditentukan dengan menggunakan kriteria minimalisasi berdasarkan interval kerusakan yang membutuhkan perbaikan dan penggantian. (AKS Jardine, 1997). Pada model penggantian umur ini terdapat dua jenis waktu penggantian yaitu komponen waktu pertama yang telah mencapai umur penggantian yang dijadwalkan (t_p) komponen siklus kedua yang gagal sebelum waktu penggantian yang telah ditentukan tercapai.

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini dilakukan langkah untuk memecahkan masalah dengan menggunakan metode *Modularity design* dan *Age Replacement* sebagai berikut :



GAMBAR 1 FLOWCHART

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Pada tahap ini, terlebih dahulu harus mengumpulkan informasi tentang obyek penelitian, yaitu mesin *wood pallet*. Data yang digunakan dalam yakni pada bulan Januari hingga Desember 2022. data sebagai berikut :

1) Data Mesin dan Komponen Mesin

Data komponen mesin *wood pallet* yakni sebagai berikut :

TABEL 1 KOMPONEN MESIN WOOD PALLET

Mesin	Komponen Mesin	
<i>Wood Pallet</i>	Komponen	Mesin pallet
	Penyusun	<i>Rotary screening</i>
	Utama	<i>Hopper</i>

Sumber : Data Sekunder

2) Data Sub Komponen Kritis Mesin Wood Pallet

TABEL 2 SUB KOMPONEN KRITIS MESIN WOOD PALLET

No.	Komponen	Sub-Komponen
1	Mesin pallet	<i>Roller shell</i> <i>Die rig</i> Dinamo motor Dinamo potong
2	<i>Rotary screening</i>	<i>Screw conveyor screening</i> <i>Blower dust</i>
3	<i>Hopper</i>	Oli cooler <i>Screw conveyor hopper</i>

Sumber : Data Sekunder

Setelah mengetahui sub komponen kritis kemudian memodulkan komponen sesuai komponen mesin yang ada sebagai berikut :

TABEL 3 MODUL KOMPONEN MESIN WOOD PALLET

Modul	Sub-Komponen
Modul 1	<i>Roller shell</i> <i>Die rig</i> Dinamo motor Dinamo potong
Modul 2	<i>Screw conveyor screening</i> <i>Blower dust</i>
Modul 3	Oli cooler <i>Screw conveyor hopper</i>

3) Data Kerusakan Dan Perbaikan Komponen Mesin Wood Pallet

**TABEL 3 DATA KERUSAKAN DAN PERBAIKAN KOMPONEN MESIN
BULAN JANUARI 2022-DESEMBER 2022**

No	Tanggal	Components	Sub komponen rusak	Downtime (Minutes)
1	04/01/2022	Mesin Pallet	Dnamo Motor Pellet	28800
2	09/01/2022	Mesin Pallet	Die Rig	480
3	12/01/2022	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	1080
4	13/01/2022	Mesin Pallet	Roller Shell	360
5	14/01/2022	Rotary Screening	Screw Conveyor Screening	1440
6	11/02/2022	Mesin Pallet	Dinamo Pemotong	240
7	14/02/2022	Mesin Pallet	Roller Shell	240
8	19/03/2022	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	260
9	11/04/2022	Rotary Screening	Blower dust	360
10	15/06/2022	Mesin Pallet	Die Rig	480
11	18/06/2022	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	1080
12	11/07/2022	Hopper	Oli cooler	1440
13	18/07/2022	Mesin Pallet	Die Rig	480
14	25/07/2022	Mesin Pallet	Roller Shell	240
15	11/08/2022	Hopper	Screw Conveyor Hopper	1440
16	20/08/2022	Mesin Pallet	Dnamo Motor Pellet	1080
17	11/09/2022	Mesin Pallet	Die Rig	480
18	29/09/2022	Hopper	Oli Cooler	240
19	04/10/2022	Mesin Pallet	Roller Shell	240
20	19/10/2022	Mesin Pallet	Roller Shell	240
21	20/10/2022	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	4320
22	08/11/2022	Hopper	Oli cooler	1440
23	15/11/2022	Mesin Pallet	Die Rig	480
24	29/11/2022	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	1080
25	15/12/2022	Rotary Screening	Screw Conveyor	1440
26	16/12/2022	Mesin Pallet	Roller Shell	240
27	18/12/2022	Hopper	Oli cooler	300
28	19/12/2022	Rotary Screening	Screw Conveyor Screening	420
29	21/12/2022	Mesin Pallet	Die Rig	480

30	21/12/2022	Rotary Screening	Blower dust	360
31	25/12/2022	Hopper	Screw Conveyor Hopper	1080
32	27/ 12/2022	Rotary Screening	Blower dust	240
33	29/12/2022	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	4320

Sumber : Data Sekunder

4)Biaya Komponen Mesin Wood Pallet

Pada bagian ini berisi informasi mengenai data dimana biaya pembelian komponen tercantum pada tabel berikut.

TABEL 4 HARGA PEMBELIAN KOMPONEN

No.	Components	Sub-Components	Prices
1	Mesin pallet	Roller shell	Rp. 20.000.000
		Die rig	Rp. 70.000.000
		Dinamo motor	Rp. 80.000.000
		Dinamo potong	Rp. 2.500.000
2	Rotary screening	Screw conveyor	Rp. 22.000.000
3	Hopper	screening	
		Blower dust	Rp. 3.000.000
		Oli cooler	Rp. 1.500.000
		Srew conveyor hopper	Rp. 15.000.000

Sumber : Data Sekunder

5)Data Biaya Standar pada Perusahaan

Pada bagian didapat dari perusahaan, biaya tenaga kerja serta kapasitas produksi yang tercantum pada tabel sebagai berikut :

TABEL 5 BIAYA TENAGA KERJA DAN HARGA PRODUK

No	Nama	Jumlah	Satuan
1	Jumlah Operator	4	Orang
2	Jumlah Mekanik	5	Orang
3	Gaji Operator	5.000.000	Rupiah/bulan/orang
4	Gaji Mekanik	6.000.000	Rupiah/bulan/orang
5	Kapasitas Produksi	10 ton	M3/jam
6	Total Kapasitas Produksi	10 ton	M3/jam
7	Harga Jual Produksi	2.082.640	M3/Rupiah
8	Total Jual Produk	8.320.560.000	M3/Rupiah
9	Biaya Produksi	1.740.000	M3/Rupiah
10	Kapasitas Produksi	10 ton	M3/jam

Sumber : Data Sekunder

Pengolahan Data

Berdasarkan data yang terkumpul, data diolah untuk menentukan interval perawatan yang optimal untuk mencapai biaya yang serendah mungkin dengan metode *modularity design* dan *age replacement*.

6)Biaya Perawatan pada Perusahaan

Perusahaan melakukan perawatan hanya jika mesin rusak dan komponen yang rusak diganti. Biaya pemeliharaan komponen diperlihatkan melalui tabel berikut.

TABEL 6 DATA BIAYA PERAWATAN PADA PERUSAHAAN

No.	Components	Sub-Components	Prices (Each Year)
1	Mesin <i>pallet</i>	<i>Roller shell</i>	Rp. 140.850.000
		<i>Die rig</i>	Rp. 420.000.000
		Dinamo motor	Rp. 990.450.000
		Dinamo potong	Rp. 800.920.000
2	<i>Rotary screening</i>	<i>Screw conveyor</i>	Rp. 153.112.000
3	<i>Hopper</i>	<i>screening</i>	
		<i>Blower dust</i>	Rp. 48.000.000
		<i>Oli cooler</i>	Rp. 15.360.000
		<i>Srew conveyor</i>	Rp. 120.000.000
		<i>hopper</i>	

Sumber : Data Sekunder

7)Preventive Maintenance Berbasis Reability

Tahap ini dilakukan perhitungan agar mengetahui total biaya perawatan mesin *wood pallet* dengan menggunakan metode *modularity design* dan *age replacement*. Langkah-langkah perhitungannya adalah.

a) Uji Reability Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan

Dari Tabel 3–6, penerapan distribusi data cacat komponen mesin *pallet* kayu dapat ditentukan dengan menggunakan software Minitab 16. 1 adalah pengujian distribusi waktu kegagalan komponen sementara distribusi 2 ialah pengujian distribusi interval. Hasil pengujian diperlihatkan melalui tabel berikut :

TABEL 7 HASIL UJI DISTRIBUSI

No.	Komponen	Keterangan	Jenis Distribusi	Parameter β (shape) η (scale)	
1	Mesin Pallet	Distribusi 1	Weibull	1,21686	1032,70
		Distribusi 2	Weibull	0,951213	28802,5
2	Rotary screening	Distribusi 1	Weibull	1,55834	755,622
		Distribusi 2	Weibull	0,537451	57289,2
3	Hopper	Distribusi 1	Weibull	1,38631	1124,93
		Distribusi 2	Weibull	1,21994	67470,0

Sumber: Pengolahan Data

b) Perhitungan Mean Time To Repair (MTTR) dan Mean Time To Failure (MTTF)

Dari hasil distribusi dan parameter masing-masing distribusi diperoleh dari tabel 7, Mean Time To Repair (MTTR) dan Mean Time To Failure (MTTF) dapat dihitung.

$$MTTR/MTTF = \eta\Gamma(1+1/\beta).$$

TABEL 8 PERHITUNGAN MEAN TIME TO REPAIR (MTTR) DAN MEAN TIME TO FAILURE (MTTF)

No.	Komponen	MTTR (Menit)	MTTF (Menit)
1	Mesin Pallet	967,49	29.441,34
2	Rotary Screening	679,04	101.090,24
3	Hopper	1.026,59	63.022,38

Sumber: Pengolahan Data

c) Penentuan Preventive Maintenance dengan Metode Age Replacement

Setelah mendapatkan nilai MTTR dan MTTF, langkah yang harus dilakukan adalah menentukan *downtime* minimum dengan t_p . Tabel 8 menunjukkan contoh nilai MTTR dan MTTF komponen mesin pallet. Parameter yang digunakan adalah *time between failures/distribution* 2 karena parameter ini dipakai untuk menentukan nilai t_p yang mewakili waktu penggantian komponen yang paling optimal. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan *age replacement* dari setiap komponen.

TABEL 9 WAKTU PENGGANTIAN PENCEGAHAN KOMPONEN

No.	Komponen	tp (menit)
1	<i>Mesin Pallet</i>	30.000
2	<i>Rotary Screening</i>	33.200
3	<i>Hopper</i>	33.200

Sumber: Pengolahan Data

d) Menghitung Biaya Downtime dan Biaya Tenaga Kerja

Untuk menghitung biaya *downtime* dan biaya tenaga kerja bisa dihitung dengan rumus sebagai berikut.

- Biaya *Downtime*

Biaya *Downtime* = Harga Jual Produk – Biaya Produksi x Output per Jam

- Biaya Kerugian Akibat Mesin *Downtime*

(Waktu *Downtime* Komponen)/(Konversi Waktu per Jam) x Biaya *Downtime* per Jam

- Biaya Mekanik

Biaya Mekanik = (Gaji/bulan (Rp))/(Jam Kerja/bulan (Jam))

- Biaya Operator

Biaya Operator = (Gaji/bulan (Rp))/(Jam Kerja/bulan (Jam))

Berdasarkan perhitungan maka didapatkan hasil biaya kerugian akibat *downtime* dan operator menganggur sebagai berikut :

TABEL 10 KERUGIAN MASING-MASING KOMPONEN

No.	Komponen	Kerugian Akibat <i>Downtime</i>	Kerugian Akibat Operator Menganggur
1	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.1.644.672.000	Rp.40.001.280
2	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.27.411.200	Rp.666.688
3	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.61.675.200	Rp.1.500.048
4	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.20.558.400	Rp.500.016
5	<i>Rotary Screening</i>	Rp.82.233.600	Rp.2.000.064
6	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.13.705.600	Rp.333.344
7	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.13.705.600	Rp.333.344
8	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.14.847.733,33	Rp.361.122,6667
9	<i>Rotary Screening</i>	Rp.20.558.400	Rp.500.016
10	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.27.411.200	Rp.666.688
11	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.61.675.200	Rp.1.500.048
12	<i>Hopper</i>	Rp.82.233.600	Rp.2.000.064
13	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.27.411.200	Rp.666.688
14	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.13.705.600	Rp.333.344
15	<i>Hopper</i>	Rp.82.233.600	Rp.2.000.064
16	<i>Mesin Pallet</i>	Rp.61.675.200	Rp.1.500.048

17	Mesin Pallet	Rp.27.411.200	Rp.666.688
18	Hopper	Rp.13.705.600	Rp.333.344
19	Mesin Pallet	Rp.13.705.600	Rp.333.344
20	Mesin Pallet	Rp.13.705.600	Rp.333.344
21	Mesin Pallet	Rp.246.700.800	Rp.6.000.192
22	Hopper	Rp.82.233.600	Rp.2.000.064
23	Mesin Pallet	Rp.27.411.200	Rp.666.688
24	Mesin Pallet	Rp.61.675.200	Rp.1.500.048
25	Rotary Screening	Rp.82.233.600	Rp.2.000.064
26	Mesin Pallet	Rp.13.705.600	Rp.333.344
27	Hopper	Rp.17.132.000	Rp.416.680
28	Rotary Screening	Rp. 23.984.800	Rp.583.352
29	Mesin Pallet	Rp. 27.411.200	Rp.666.688
30	Rotary Screening	Rp. 20.558.400	Rp.500.016
31	Hopper	Rp.61.675.200	Rp.1500.048
32	Rotary Screening	Rp.13.705.600	Rp.333.344
33	Mesin Pallet	Rp.246.700.800	Rp.6.000.192
Total		Rp.3.249.369.333	Rp.79.030.306,67

Sumber: Pengolahan Data

e) *Biaya Penggantian Komponen Karena Perawatan (Cp) dan Biaya Penggantian Komponen Karena Kerusakan (Cf)*

- Rumus Biaya penggantian komponen perawatan

Rumus perhitungan biaya penggantian komponen akibat perawatan adalah:

$$Cp = [(Biaya operator + Biaya mekanik) \times MTTR] + \text{Harga komponen}$$

- Rumus Biaya penggantian komponen karena kerusakan

Rumus untuk menghitung biaya penggantian komponen yang rusak adalah:

$$Cf = [(Biaya operator + Biaya mekanik + Biaya kehilangan produksi per jam) \times MTTR + \text{Harga Komponen}]$$

f) *Total Biaya Perawatan Dengan Menggunakan Metode Modularity Design dan Age Replacement*

Total biaya perawatan dapat dihitung berdasarkan pada frekuensi penggantian optimal yang diperoleh dengan membagi jumlah hari yang dikonversi menjadi menit per tahun dengan waktu penggantian optimal (tp), MTTR, TC per satuan waktu dan komponen. Selain itu, total biaya pemeliharaan subkomponen dapat dihitung dengan mengalikan MTTR, TC dan jumlah menit per tahun, dibagi dengan nilai tp, dan ditambahkan ke harga komponen. Perhitungan total biaya perawatan dapat disajikan sebagai berikut:

$$TC^* = (((365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit}) / tp) \times MTTR \times TC) + \text{Harga komponen}$$

TABEL 11 TOTAL BIAYA PER TAHUN MENGGUNAKAN *AGE REPLACEMENT*

No	Komponen	Sub Komponen	Total Biaya (Rp. /tahun)
1	Mesin Pallet	Dnamo Motor Pellet	Rp. 130.394.679
2	Mesin Pallet	Die Rig	Rp. 116.162.430
3	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	Rp. 130.394.679
4	Mesin Pallet	Roller Shell	Rp. 45.001.189
5	Mesin Pallet	Dinamo Pemotong	Rp. 20.094.754
6	Mesin Pallet	Roller Shell	Rp. 45.001.189
7	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	Rp. 130.394.679
8	Mesin Pallet	Die Rig	Rp. 116.162.430
9	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	Rp. 130.394.679
10	Mesin Pallet	Die Rig	Rp. 116.162.430
11	Mesin Pallet	Roller Shell	Rp. 45.001.189
12	Mesin Pallet	Dnamo Motor Pellet	Rp. 130.394.679
13	Mesin Pallet	Die Rig	Rp. 116.162.430
14	Mesin Pallet	Roller Shell	Rp. 42.928.235
15	Mesin Pallet	Roller Shell	Rp. 45.001.189
16	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	Rp. 130.394.679
17	Mesin Pallet	Die Rig	Rp. 52.828.925
18	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	Rp. 116.162.430
19	Mesin Pallet	Roller Shell	Rp. 45.001.189
20	Mesin Pallet	Die Rig	Rp. 116.162.430
21	Mesin Pallet	Dinamo Motor Pellet	Rp. 130.394.679
22	Rotary Screening	Screw Conveyor Screening	Rp. 26.116.633
23	Rotary Screening	Blower dust	Rp. 5.368.525
24	Rotary Screening	Screw Conveyor	Rp. 26.057.375
25	Rotary Screening	Screw Conveyor Screening	Rp. 26.116.633
26	Rotary Screening	Blower dust	Rp. 5.368.525
27	Rotary Screening	Blower dust	Rp. 5.368.525
28	Hopper	Oli cooler	Rp. 6.509.754
29	Hopper	Screw Conveyor Hopper	Rp. 22.290.267
30	Hopper	Oli Cooler	Rp. 6.509.754
31	Hopper	Oli cooler	Rp. 6.509.754
32	Hopper	Oli cooler	Rp. 6.509.754

33	Hopper	Screw Conveyor Hopper	Rp. 22.290.267
Total			Rp. 2.115.610.959

Sumber: Data diolah

8) Hasil dan Pembahasan

Dari informasi perawatan perusahaan dapat diketahui bahwa metode perawatan yang digunakan perusahaan adalah perawatan korektif, sehingga perawatan hanya dilakukan pada saat terjadi kerusakan dan mesin telah berhenti bekerja. Ini menghasilkan total biaya pemeliharaan per tahun Rp 2.688.692.000 per tahun.

Berdasarkan hasil perhitungan di atas terlihat bahwa dengan metode *modularity design* dan metode *Age replacement*, selang waktu penggantian komponen mesin *pallet* yang optimal adalah sebesar 30.000 menit, untuk komponen *Rotary Screening* sebesar 33.200, dan komponen *Hopper* sebesar 33.200 menit dengan total biaya perawatan per tahun-nya adalah sebesar Rp 2.115.610.959. Kemudian, dengan menggunakan metode yang diusulkan, efisiensi antara biaya perawatan dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= \text{TC Perusahaan} / \text{TC Usulan} \times 100\% \\ &= (\text{Rp } 2.688.692.000) / (\text{Rp } 2.115.610.959) \times 100\% = 1,27\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas bahwa jika total biaya pada perusahaan sebesar Rp 2.688.692.000 per tahun, dan total biaya yang diusulkan per tahun adalah Rp 2.115.610.959 per tahun, maka nilai efisiensi metode usulan/ *age replacement* terhadap metode awal adalah 1,27%. Sehingga metode perawatan usulan dengan metode *modularity design* dan metode *age replacement* dapat diterima.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan biaya perawatan mesin *wood pallet* di PT. Wood Pallet Indonesia, metode perawatan yang diusulkan dengan metode *age replacement* dengan interval waktu penggantian komponen yang optimal pada komponen mesin *pallet* sebesar 30.000 menit, komponen *rotary screening* sebesar 33.200 menit dan komponen *hopper* sebesar 33.200 menit dengan total biaya perawatan per tahun-nya menggunakan metode *age replacement* adalah sebesar Rp 2.115.610.959,-. Maka selanjutnya dapat dilakukan perbandingan antara biaya perawatan pada metode usulan yang terpilih *age replacement* dengan biaya perawatan pada perusahaan yang memiliki nilai sebesar Rp 2.688.692.000,- per tahun.

Dari hasil tersebut bisa dilihat perbandingan diantara total biaya perawatan dan metode usulan yang terpilih *age replacement* dengan total biaya perawatan pada perusahaan, dimana biaya yang metode usulan yang terpilih *age replacement* mengeluarkan lebih kecil daripada biaya perawatan pada perusahaan setiap tahun-nya dengan nilai efisiensi sebesar 1,27%. Jadi metode perawatan usulan dengan *age replacement* bisa diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif. 2009. Penilaian Pabrik Mesin dan peralatan. Jakarta: Gramedia.
- Budi, A., & Muhlis, S. 2022 . Optimasi Perawatan Mesin Overhead Crane Pada PT KNSS Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). 5(2), 27–35.
- Jardine, AKS, 1997, Maintenance Replacement dan Reability Titman Publishing, New York
- Julianingsih, Anggono, W, & Linawati. 2017. *Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design* Sebagai Solusi Penurunan Biaya *Maintenance* (Studi Kasus di Perusahaan Tepung Ikan). Jurnal Teknik Industri, 7(1), 61-75.
- Kurniawan, F. 2013. Manajemen Perawatan Industri. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muhaemin, G. 2022 . Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter Di PT. XYZ. 8(June), 205–219.
- Purwoko, Bambang Setiyo Hari. 2015. Manajemen Perawatan dan Perbaikan Mesin. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Santoso, I., & Tj, Y. S. 2022. Analisis Sistem Penjadwalan Perawatan Mesin Pulverizer Unit 1 Di PT . PJB Unit Pembangkitan Paiton. 1(1), 46–56.
- Septiani, D. T., Nursanti, E., & Galuh, H. 2020. Analisa Peningkatan Produktifitas Dengan Menggunakan Metode TPM Berdasarkan Nilai OEE Dan Losses Mesin Di Advertising Ozy Bisa. 3(2), 41–45.
- Sudrajat, Ating. 2011. Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri. Bandung: Refika Aditama.