

PERHITUNGAN BIAYA PENGGANTIAN KOMPONEN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PENJADWALAN PERAWATAN PADA MESIN *BUCKET RAW MATERIAL*

Wiwini Widiasih¹⁾, Nur Aziza²⁾

^{1, 2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Jalan Semolowaru No. 45, Sukolilo, Surabaya, 60118
e-mail: wiwin_w@untag-sby.ac.id, nuraziza353@gmail.com

ABSTRAK

Proses produksi adalah proses utama dalam sebuah usaha. Dalam proses produksi entitas yang menjadi penting adalah mesin produksi. Objek penelitian ini adalah perusahaan pengelola garam di Pulau Jawa. Terdapat delapan mesin produksi yang digunakan dalam mengelola garam tersebut antara lain mesin bucket raw material, mesin pill, mesin centrifugal, mesin dry mill, mesin Fluid Bed Dryer, mesin bucket finished good, mesin konveyor bahan baku, dan mesin iodization. Masing-masing mesin memiliki tingkat frekuensi kerusakan. Mesin yang memiliki frekuensi kerusakan tinggi adalah mesin bucket raw material. Diperlukan suatu tindakan perawatan untuk mengatur perbaikan dan penggantian komponen yang rusak agar tetap mempertahankan produktivitas perusahaan. Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat usulan penjadwalan perawatan terhadap komponen-komponen pada mesin bucket raw material. Dilakukan dua metode dalam membuat usulan penjadwalan perawatan yaitu metode penjadwalan sederhana dan uji distribusi dengan sifat data certaintiy. Studi komparasi dilakukan atas hasil penjadwalan perawatan dan biaya penggantian komponen mesin bucket raw material pada kedua metode tersebut.

Kata Kunci: biaya penggantian, penjadwalan perawatan, komponen rusak, mesin bucket raw material

ABSTRACT

Production process has defines as main process from business. In production system, the important entity is production machining. The object of this research is a manufacturing industry which is producing salt in East Java. Production machining that produces salt such as bucket raw material, pill machine, centrifugal machine, dry mill machine, FBD machine, bucket finished good machine, belt conveyor of raw material, and iodization machine. Each machine has each frequency of failure rate. The highest frequency of failure rate is bucket raw material. Preventive maintenance is needed in order to organize the repairing and replacing the failure component. It must be done because it is able to keep the productivity. This research has intention to give recommendation about maintenance scheduling of bucket raw material machine. In this study, two methods have been done for making maintenance scheduling. The comparison of result from two methods that consist of schedule and replacement component cost have been calculated.

Keywords: replacement cost, maintenance scheduling, failure component, bucket raw material machine

I. PENDAHULUAN

Perusahaan pengelola garam adalah sebuah badan usaha berbentuk Perseroan Terbatas yang berlokasi di Pulau Jawa. Perusahaan pengelola garam merupakan perusahaan manufaktur. Perusahaan manufaktur di Indonesia meningkat secara kuantitas (Widiasih & Karningsih, 2013). Karena semakin banyak secara kuantitas maka perlu adanya peningkatan performansi agar mampu bersaing secara kompetitif dengan perusahaan manufaktur lainnya.

Perusahaan ini memproduksi baik garam konsumsi maupun garam industri. Dalam pengelolaan produksi ditunjang oleh mesin produksi. Dalam satu lini produksi, mesin produksi yang ada dan digunakan untuk produksi garam antara lain mesin *bucket raw material*, mesin *pill*, mesin *centrifugal*, mesin *dry mill*, mesin FBD, mesin bucket finish good, mesin konveyor bahan baku, dan mesin iodization. Mesin-mesin tersebut memiliki peran seri satu sama lain dalam proses operasinya.

Mesin produksi adalah sumber daya yang ada dan penggunaannya harus dioptimalkan. Mesin produksi dikatakan optimal dapat dilihat dari minimalnya jumlah waktu *downtime* (Ossai et al., 2016). Untuk menjaga agar jumlah waktu *downtime* tidak tinggi maka perlu diterapkan kebijakan perawatan. Kebijakan perawatan perlu diterapkan untuk mendukung kelancaran kegiatan produksi dikarenakan mesin produksi yang terhenti karena rusak akan menyebabkan kegiatan produksi terhenti juga. Apabila kegiatan produksi dibiarkan terhenti terlalu lama maka akan mengakibatkan pengurangan profit/keuntungan perusahaan. Kebijakan perawatan diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan mesin (Kamil & Asmilda, 2008) serta menghasilkan output sesuai yang sesuai dengan yang diharapkan (Gasperz, 1992).

Selain bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan mesin, perawatan juga merupakan salah satu upaya dalam menjaga kualitas produk melalui *tools-tools* yang dimiliki. Selama ini, perawatan yang ada pada umumnya dilakukan dengan *corrective maintenance* yang mana artinya adalah melakukan perbaikan pada waktu komponen tersebut rusak. Di sisi yang lain, apabila perawatan dilakukan terlambat, maka akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan (Lukmandani, Santosa, & Maukar, 2011). Oleh karena itu perlu dilakukan penjadwalan perawatan yang optimal sebagai antisipasi atau penjadwalan *preventive maintenance*.

Penelitian terkait penjadwalan telah banyak dilakukan seperti penjadwalan *preventive maintenance* dengan metode *age replacement* (Bachtiar, Kusmaningrum, & Helianty, 2015) dan (Nawani, 2019); pemeliharaan dan optimasi biaya perawatan pada sistem utilitas dengan metode *preventive maintenance* (Arifin, Haryono, & Arumsari, 2017) dan (Muhammad, Edi, Nurvita, 2018); analisis penjadwalan dan biaya perawatan mesin press untuk pembentukan kanvas rem (Wahjudi & Amelia, 2000); analisis penentuan waktu perawatan dan jumlah persediaan suku cadang rantai garu yang optimal (Sodikin, 2010); penjadwalan *predictive maintenance* dan biaya perawatan mesin *pellet* di PT. Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang (Soesetyo & Bendatu, 2014) serta penerapan *predictive maintenance* dengan metode monitoring vibrasi dan menentukan waktu penggantian komponen kritis (Purba, 2018).

Pada waktu studi pendahuluan di perusahaan pengelola garam di Pulau Jawa ini telah didapatkan data kerusakan mesin yang terjadi pada Desember 2018-April 2019 antara lain mesin *Bucket Raw Material* dengan frekuensi kerusakan 17 kali dan waktu *downtime* sebanyak 4785 menit, mesin *Pin Mill* dengan frekuensi kerusakan 7 kali dan *downtime* sebanyak 375, mesin *Centrifugal* frekuensi kerusakan sebanyak 13 kali *downtime* 2110 menit, mesin *Dry mill* frekuensi kerusakan 10 kali dengan *downtime* 875 menit, mesin FBD frekuensi kerusakan 9 kali dengan *downtime* 2600 menit, mesin *Bucket Finish good* frekuensi kerusakan 12 kali *downtime* 850 menit, mesin Konveyor Bahan Baku 8 kali *downtime* 600 menit, mesin *Iodization* 4 kali *downtime* 360 menit.

Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan penjadwalan perawatan pada mesin *bucket raw material* dengan dua pendekatan penjadwalan perawatan yaitu metode penjadwalan sederhana dan metode uji distribusi. Data yang didapatkan adalah data *certainty*. Setelah dilakukan penjadwalan perawatan kemudian dilakukan komparasi antara kedua model penjadwalan dengan mempertimbangkan jumlah biaya penggantian komponen pada waktu perbaikan dilakukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Perawatan merupakan konsep dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya. Menurut Ebeling (2004) perawatan dapat didefinisikan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Sehingga kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan unit-unit pada kondisi operasional dan aman. Apabila mesin terjadi kerusakan maka dapat dikendalikan pada kondisi operasional yang handal dan aman. Berikut adalah pengertian perawatan menurut beberapa sumber:

1. Menurut Assauri (2008) perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memelihara dan menjaga peralatan atau fasilitas dan mengadakan perbaikan atau penggantian sehingga dapat memperoleh suatu kegiatan proses produksi yang memuaskan dan sesuai dengan yang direncanakan.
2. Menurut Ngadiyono (2010) kegiatan perawatan meliputi *maintenance, repair* dan *overhaul*. Jadi perawatan dapat didefinisikan sebagai semua tindakan yang bertujuan untuk mempertahankan atau memulihkan komponen atau mesin ke keadaan ideal sehingga dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

Adapun tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan lain menurut *Japan Institute of Plan Maintenance dan Consultant TPM India* dalam Prihastono dan Prakoso (2017), secara detail sebagai berikut:

1. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi.
2. Menjamin tingkat ketersediaan iptimum dari fasilitas produksi.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat.
4. Menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.
5. Mendukung kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya.
6. Membantu mengurangi pemakaian dan penyampaian yang diluar batas dan menjaga modal yang dinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
7. Mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*) dengan melaksanakan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien.
8. Mengadakan kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah.

Keandalan (*reliability*) merupakan peluang atau probabilitas dimana mesin dapat berfungsi dengan baik pada periode tertentu (periode-t)(Sulaiman, 2017). Untuk menggambarkan kondisi ini secara matematis dimana variabel acak kontinyu t yang mewakili waktu mesin. Selama mengalami kerusakan ($T \geq 0$, maka keandalan (*reliability*) dapat diekspresikan sebagai berikut:

$$R(t) = Pr\{T \geq t\} \quad (1)$$

Dimana $R(t) \geq 0, R(0) = 1$, jika nilai t diketahui, maka $R(t)$ merupakan probabilitas waktu, dimana mesin mengalami kerusakan adalah lebih besar atau sama dengan t . Apabila ditentukan

$$F(t) = 1 - R(t) = Pr\{T < t\} \quad (2)$$

Dimana

$$F(0)=0 \text{ Dan } \lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$$

Maka $F(t)$ Adalah probabilitas yang menunjukkan kerusakan mesin sebelum waktu t . Apabila $R(t)$ dianggap dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \quad (3)$$

Fungsi ini disebut sebagai densitas probabilitas atau *Probability Density Function* (PDF), Fungsi tersebut menggambarkan bentuk dari distribusi kerusakan PDF tersebut memiliki dua fungsi, diantaranya lain:

$$f(t) \geq 0 \int_0^{\infty} f(t)td = 1 \quad (4)$$

Berdasarkan PDF, maka $f(t)$

$$F(t) = \int_0^{\infty} f(t')td' \quad (5)$$

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(t')dt' \quad (6)$$

Fungsi $R(t)$ secara normal digunakan pada saat keandalan sudah diketahui, dan fungsi $F(t)$ biasanya digunakan pada saat probabilitas kerusakan diketahui.

1. Mean Time to Failure(MTTF)

Mean Time to Failure(MTTF) adalah waktu rata-rata selama kerusakan terjadi (Pingsan et al. (2017), yang didefinisikan sebagai berikut:

$$MTTF = R(T) \int_0^{\infty} t.f(t)td \quad (7)$$

Atau dapat juga didefinisikan pada persamaan berikut:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)td \quad (8)$$

Nilai rata-rata dari distribusi kerusakan, merupakan salah satu cara yang digunakan dari beberapa cara yang lain, untuk menghitung tendebisui sentral. Cara yang lain adalah berdasarkan nilai tengah (median).

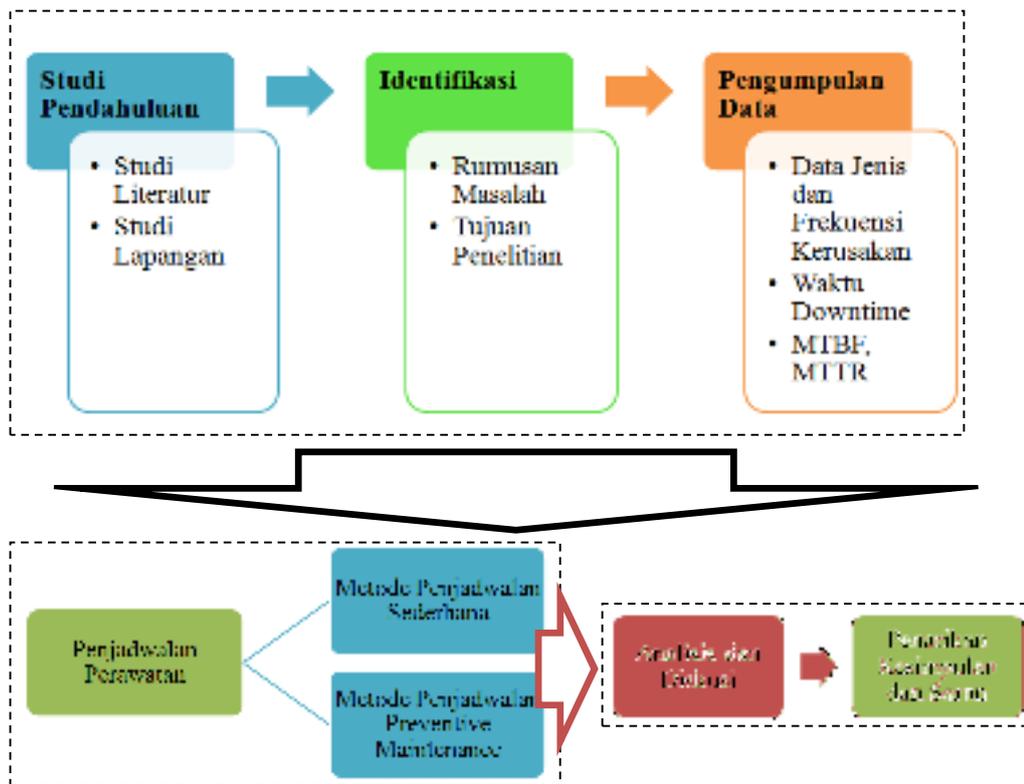
2. Mean Time To Repair (MTTR)

Mean time to Repair (MTTR) merupakan waktu rata-rata dari interval waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen atau system (Dengiz et al. (2018). Untuk perhitungan MTTR mengikuti distribusi eksponensial, weibull, gamma, normal, ataupun lognormal. Masing-masing distribusi tersebut memiliki parameter tersendiri untuk menghitung nilai keandalan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar 1 berikut ini merupakan metodologi penelitian yang merupakan langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian. Penelitian diawali dengan studi pendahuluan. Studi pendahuluan yang dimaksud yaitu melakukan studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur disesuaikan dengan topik penelitian yang diambil yaitu terkait manajemen perawatan dan penjadwalan perawatan. Studi literatur dilakukan dengan sumber referensi dari buku, jurnal, dan laporan penelitian. Studi lapangan dilakukan dengan observasi langsung ke objek penelitian dalam studi kasus penelitian ini adalah mesin *bucket raw material*.

Setelah melakukan studi literatur dan lapangan kemudian melakukan identifikasi terhadap masalah dan tujuan penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data antara lain data jenis dan frekuensi kerusakan, waktu *downtime*, *Mean Time Between Failure*(MTBF), dan *Mean Time To Repair*(MTTR). Pengambilan data juga dilakukan untuk biaya pembelian masing-masing komponen pada waktu pergantian komponen dilakukan. Setelah data dikumpulkan, kemudian dilakukan pengolahan data. Penjadwalan perawatan komponen-komponen pada mesin *bucket raw material* dilakukan dengan dua pendekatan. Pendekatan yang pertama yaitu dengan metode penjadwalan sederhana dan pendekatan kedua dengan penjadwalan *preventive maintenance* uji Anderson-Darling. Setelah diketahui hasil penjadwalan kedua pendekatan tersebut kemudian dikomparasi terkait biaya pergantian komponen sesuai dengan jadwal perawatan komponen dalam mesin *bucket raw material*. Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan dan saran.



GAMBAR 1. METODOLOGI PENELITIAN

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin *bucket raw material* merupakan mesin yang memiliki data frekuensi kerusakan tertinggi dibandingkan dengan ketujuh mesin lainnya dalam satu lini produksi di perusahaan pengelola garam di Pulau Jawa ini. Tabel 1 menunjukkan frekuensi dan waktu *downtime* masing-masing mesin.

TABEL 1
REKAP DATA FREKUENSI KERUSAKAN DAN WAKTU DOWNTIME

NO	NAMA MESIN	JUMLAH FREKUENSI KERUSAKAN	WAKTU DOWNTIME (menit)
1.	Bucket Raw Material	17 kali	4785 menit
2.	Pin mill	7 kali	375 menit
3.	Centrifugal	13 kali	2110 menit
4.	Dry Mill	10 kali	875 menit
5.	FBD	9 kali	2600 menit
6.	Bucket Finish good	12 kali	850 menit
7.	Konveyor BB	8 kali	600 menit
8.	Iodization	4 kali	360 menit

TABEL 2
DATA MTBF DAN MTTR MESIN RAW MATERIAL

Komponen	MTBF (menit)	MTTR (menit)
Karet Couple	31680	93
Bearing	40320	48
Baut	69120	308
Gigi Aus	84960	370
Slot Patah	89280	70
Belt	152640	1680

A. Model Pendekatan Penjadwalan Perawatan 1

Langkah-langkah penjadwalan penggantian komponen dengan perhitungan sederhana.

1. Urutkan komponen berdasarkan MTBF terkecil
2. Buat kolom Baik-Start, Baik-Finish, Repair; secara berurutan sebanyak jam operasional dibagi MTBF terkecil (stage)
3. Buat equation yang relevan untuk setiap kolom → Baik-Finish=Baik Start+ MTBF, Baik Start (2) = Baik-Finish (1)+Repair...dan seterusnya.
4. Cek periode pemeliharaan 5 bulan, berhenti di stage berapa untuk setiap komponen (cari posisi menit ...)
5. Lakukan penyesuaian dengan update sisa baik (hitung sisa MTBF-nya)
6. Jika terdapat sekaligus perbaikan lebih dari satu komponen, periode repair adalah terpanjang.
7. Hentikan jika terjadi repair untuk 5 komponen sekaligus, karena anda tinggal menduplikasi untuk periode berikutnya.

TABEL 3
JADWAL MAINTENANCE MESIN BUCKET RAW MATERIAL

Jadwal ke	Memit ke-	Lamanya	Selesai	Hari ke-	Memit ke-	Karet Couple	Bearing	Baut	Gigi Aus	Slot Patah	Belt
1	31680	93	31773	22	0	v	-	-	-	-	-
2	40413	48	40461	28	93	-	v	-	-	-	-
3	63501	93	63594	44	141	v	-	-	-	-	-
4	69354	308	69662	48	234	-	-	v	-	-	-
5	81182	48	81230	56	542	-	v	-	-	-	-
6	85550	370	85920	59	590	-	-	-	v	-	-
7	90240	70	90310	62	960	-	-	-	-	v	-
8	96070	93	96163	66	1030	v	-	-	-	-	-
9	122083	48	122131	84	1123	-	v	-	-	-	-
10	127891	93	127984	88	1171	v	-	-	-	-	-
11	139504	308	139812	96	1264	-	-	v	-	-	-
12	154212	1680	155892	107	132	-	-	-	-	-	v

Pada Tabel 3 di atas jadwal *maintenance* pada Mesin *Bucket Raw Material* yaitu:

1. Pada menit ke-31680 dilakukan pergantian komponen karet couple pada mesin *bucket raw material* dengan lama 93 menit dan selesai di menit ke 31773 di hari ke-22 menit ke-0.
2. Pada menit ke-40413 dilakukan pergantian komponen Bearing pada mesin *bucket raw material* dengan lama 48 menit dan selesai di menit ke 40461 di hari ke-28menit ke-93.
3. Pada menit ke-63501 dilakukan pergantian komponen karet couple pada mesin *bucket raw material* dengan lama 93 menit dan selesai di menit ke 63594 di hari-44 menit ke -141.
4. Pada menit ke-69354 dilakukan pergantian komponen Baut pada mesin *bucket raw material* dengan lama 308 menit dan seslesai di menit ke 69662 di hari 48menit ke 234.
5. Pada menit ke-81182 dilakukan pergantian komponen Bearing pada mesin *bucket raw material* dengan lama 48 menit dan selesai di menit ke 81230 di hari 56 menit ke 542.
6. Pada menit ke-85550 dilakukan pergantian komponen Gigih Aus pada mesin *bucket raw material* dengan lama 370 menit dan selesai di menit ke 85920 di hari 59 menit ke 509.
7. Pada menit ke-90240 dilakukan pergantian komponen Slot Patah pada mesin *bucket raw material* dengan lama 93 menit dan selesai di menit ke 90310 di hari 62 menit ke 960.
8. Pada menit ke-31680 dilakukan pergantian komponen karet couple pada mesin *bucket raw material* dengan lama 70menit dan selesai di menit ke 90310 di hari 66menit ke 1030
9. Pada menit ke-122083 dilakukan pergantian komponen Bearing pada mesin *bucket raw material* dengan lama 48 menit dan selesai di menit ke 122131 di hari 84 menit ke 1123
10. Pada menit ke-127891 dilakukan pergantian komponen karet couple pada mesin *bucket raw material* dengan lama 93 menit dan selesai di menit ke 127984 di hari 88 menit ke 1171.
11. Pada menit ke-139504 dilakukan pergantian komponen Baut pada mesin *bucket raw material* dengan lama 308 menit dan selesai di menit ke 139812 di hari 96 jam ke 1264.
12. Pada menit ke-154212 dilakukan pergantian komponen Belt pada mesin *bucket raw material* dengan lama 1680 menit dan selesai di menit ke 155892di hari 107 jam ke 132.

B. Model Pendekatan Penjadwalan Perawatan 2

Langkah-langkah penjadwalan pengantian komponen dengan uji distribusi:

1. Penentuan antar waktu penggantian komponen berupa catatan awal antar waktu penggantian sampai pada saat komponen mengalami kerusakan lagi.
2. Selanjutnya dari data yang diperoleh dapat dilakukan perhitungan antar waktu penggantian komponen, dengan melakukan uji kesesuaian distribusi
3. Menghitung rata-rata antar waktu penggantian komponen.
4. Menghitung keandalan komponen.
5. Membuat penjadwalan perawatan komponen.

TABEL 4
REKAP DATA HASIL FIT IN DISTRIBUSI DAN NILAI KEANDALAN

No	Komponen Mesin	Hasil fit in Distribusi	Nilai Keandalan
1	Bearing	Lognormal	72,43%
2	Karet couple	Lognormal	67,72%
3	Gigih	Lognormal	67,71%
4	Slot	Lognormal	67,71%
5	Belt	Lognormal	67,71%
6	Baut	Lognormal	67,71%

TABEL 5
PENJADWALAN KOMPONEN MESIN *BUCKET RAW MATERIAL*

Jadwal Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Bucket Raw Material																									
BULAN	JAN					FEB					MAR					APR					MEI				
Minggu 1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Minggu 2											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Minggu 3																					■	■	■	■	■
Minggu 4											■	■	■	■	■						■	■	■	■	■

Bearing	■
K.couple	■
gigih	■
Slot	■
Belt	■
Baut	■

Tabel 6 merupakan hasil rekap perhitungan biaya penggantian komponen dari dua pendekatan penjadwalan yang dilakukan. Untuk biaya komponen penggantian satu komponen *bearing* adalah Rp. 100.000, karet *couple* Rp. 91.000, gigih Rp. 34.000, slot Rp. 123.000, Belt Rp. 500.000, baut Rp. 154.000.

TABEL 6
KOMPARASI BIAYA PENGGANTIAN KOMPONEN

No	Mesin	Penjadwalan Perhitungan Sederhana		Penjadwalan Uji Distribusi	
		Frekuensi Penggantian Komponen	Biaya Penggantian Komponen	Frekuensi Penggantian Komponen	Biaya Penggantian Komponen
1	<i>Bearing</i>	3 kali	Rp. 300.000,-	5 kali	Rp. 500.000,-
2	<i>Karet couple</i>	4 kali	Rp. 364.000,-	5 kali	Rp. 455.000,-
3	<i>Gigih</i>	1 kali	Rp. 34.000,-	3 kali	Rp. 102.000,-
4	<i>Slot</i>	1 kali	Rp. 123.000,-	2 kali	Rp. 246.000,-
5	<i>Belt</i>	1 kali	Rp. 500.000,-	2 kali	Rp. 1.000.000,-
6	<i>Baut</i>	2 kali	Rp. 154.000,-	3 kali	Rp. 462.000,-

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah melakukan penjadwalan dengan dua pendekatan model yaitu metode penjadwalan sederhana dan metode uji distribusi. Untuk penjadwalan sederhana total biaya penggantian komponen mencapai Rp. 1.629.000,- sedangkan dengan mengikuti uji distribusi lognormal biaya penggantian komponen mencapai Rp. 2.765.000,-

PUSTAKA

- Arifin, M. Z., Haryono, E., & Arumsari, N. (2017). Perencanaan Pemeliharaan dan Optimasi Biaya Perawatan pada Sistem Utility dengan Metode preventive Maintenance. *Proceeding 1st Conference on Marine Engineering and its Application* (p. 6). Surabaya: PPNS Surabaya.
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Pemasaran, edisi pertama, cetakan kedelapan*. Penerbit: Raja Grafindo, Jakarta.
- Bachtiar, D. P., Kusmaningrum, & Helianty, Y. (2015). Penjadwalan Perawatan Preventive pada Mesin Slotting di CV Cahaya Abadi Teknik. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 296-307.
- Dengiz, B., Sahin, M. U., & Atalay, K. D. (2018, August). Investigation of System Productivity with Fuzzy Availability Analysis Considering Failure and Repair Times. *In The International Symposium for Production Research* (pp. 737-743). Springer, Cham
- Ebeling, C. E. (2004). *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Tata McGraw-Hill Education.
- Gaspersz, V., 1992, *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*, Penerbit Tarsito, Bandung
- Kamil, I., & Asmilda, R. (2008). Penjadwalan Aktifitas Perawatan Belt Conveyor dengan Menentukan Interval Penggantian Komponen. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 97-105.
- Lukmandani, A., Santosa, H., & Maukar, A. L. (2011). Penjadwalan Perawatan di PT. Steel Pipe Industry of Indonesia. *Jurnal Widya Teknik*, 103-116.

- Muhammad, Z. A., Edi, H., & Nurvita, A. (2018, December). Perencanaan Pemeliharaan Dan Optimasi Biaya Perawatan Pada Sistem Utility Dengan Metode Preventive Maintenance. In Proceedings Conference on Marine Engineering and its Application (Vol. 1, No. 1, pp. 55-60)
- Nawawi, H. N. (2019). *Penentuan Jadwal Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode Age Replacement* (Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta).
- Ngadiyono, Y. (2010). *Pemeliharaan Mekanik Industri*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Ossai, C. I., Boswell, B., & Davies, I. J. (2016). A Markovian approach for modelling the effects of maintenance on downtime and failure risk of wind turbine components. *Renewable energy*, 96, 775-783
- Pingkan, W., Lubis, M. Y., & Yanuar, A. A. (2017). Usulan Perbaikan Penyebab Defect Floating Pada Proses Produksi Kain Grey Di Workstation Inspeksi Pada Pt. Buana Intan Gemilang. *eProceedings of Engineering*, 4(2)
- Prihastono, E., & Prakoso, B. (2017). Perawatan Preventif Untuk Mempertahankan Utilitas Performance Pada Mesin Cooling Tower di CV. Arhu Tapselindo Bandung. *Jurnal Ilmiah Dinamika Teknik*, 10(2)
- Purba, H. R. (2018). *Penerapan Predictive Maintenance Menggunakan Metode Monitoring Vibrasi dan Menentukan Internal Waktu Pergantian Komponen Kritis pada Tank Agitator Recovery Boiler di PT. Toba Pulp Lestari, TBK*
- Sodikin, I. (2010). Analisis Penentuan Waktu Perawatan dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu yang Optimal. *Jurnal Teknologi*, 44-52.
- Soesetyo, I., & Bendatu, L. Y. (2014). Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT. Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang. *Jurnal Titra*, 147-154.
- Sulaiman, M. (2017). Analisis Keandalan Alat Berat Terhadap Tingkat Produktivitas Studi Kasus PCS. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 1(1), 33-38.
- Wahjudi, D., & Amelia. (2000). Analisa Penjadwalan dan Biaya Perawatan Mesin Press untuk Pembentukan Kampas Rem. *Jurnal Teknik MESin*, 50-61.
- Widiasih, W., & Karningsih, P. D. (2013). Pengelolaan Risiko pada Updating Computer Integrated Manufacturing (CIM) di Perusahaan Pakan Ternak. *Jurnal Teknik*, 2 (1).