

PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN *MIXING* DALAM PRODUKSI *BRICK* BATU TAHAN API DENGAN MENGGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT* PADA PT. LOKA REFRATORIES WIRA JATIM

Muhammad Firman Ardiansyah¹⁾, Endang P Widjajati²⁾

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

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
e-mail: fiarsya8@gmail.com¹⁾, Endangp.ti@upnjatim.ac.id²⁾

ABSTRAK

Cara meningkatkan produktivitas yakni melalui pengurangan waktu downtime pada mesin produksi. Pada dasarnya 2 tipe waktu downtime yakni diantaranya planned downtime (terencana) dan unplanned downtime (tak terencana). Waktu downtime bisa diminimalisir dengan melaksanakan perawatan dan pencegahan atau yang biasa dikenal dengan preventive maintenance. PT. Loka Refractories Wira Jatim merupakan perusahaan yang memproduksi brick batu tahan api. Untuk system perawatannya masih menggunakan breakdown maintenance, untuk kerusakan yang paling sering terjadi adalah rusaknya pisau mixing akibat terlalu sering digunakan. Dimana untuk pisau tersebut nantinya akan berputar berlawanan arah dengan wadah pengaduk dan bergesekan dengan material dari batu tahan api. Sehingga diperlukan penjadwalan yang tepat guna memperkirakan interval waktu perawatan sehingga dapat mengurangi waktu breakdown. Maka dari itu, metode age replacement digunakan dalam menentukan jadwal perbaikan terstruktur sebagaimana tujuan dalam penelitian ini. Subyek dari penelitian ini adalah mesin mixing, yang mana memiliki 2 unit utama yaitu processing unit dan lifting unit. Dimana didapatkan hasil dari penelitian ini dapat diketahui bahwa apabila menggunakan metode age replacement jadwal yang di dapat untuk merawat atau memperbaiki komponen paling optimal adalah 32.000 untuk processing unit dan untuk lifting unit sebesar 30.000 menit. Dengan interval penjadwalan untuk processing unit adalah 23 hari, dan untuk lifting unit adalah sebesar 21 hari. Maka penjadwalan ini diharapkan dapat mengoptimalkan penjadwalan dan mengurangi waktu breadown dari perusahaan.

Kata Kunci : *Age replacement, Downtime, Interval, Pencegahann, Perawatan.*

ABSTRACT

A way to increase the productivity level is by reducing the downtime on production machines. In general, downtime is divided into 2 types, namely planned downtime (planned) and unplanned downtime (unplanned). Downtime can be minimized by performing preventive maintenance. PT. Loka Refractories Wira Jatim is a company that produces refractory bricks. The maintenance system still uses breakdown maintenance, for the most frequent damage is damage to the mixing knife due to overuse. Where for the knife, it will rotate in the opposite direction to the stirring container and rub against the material from refractory stone. So that we need the right scheduling in order to estimate the maintenance time interval so as to reduce breakdown time. Therefore, as a researcher, I aim to determine a structured repair schedule using the age replacement method. The subject of this research is a mixing machine, where this machine has 2 main units, namely the processing unit and the lifting unit. Where the results of this study are obtained, it can be seen that when using the age replacement method, the optimal schedule for treating or repairing components is 32,000 for the processing unit and for the lifting unit of 30,000 minutes. With the scheduling interval for processing units is 23 days, and for lifting units is 21 days. So this scheduling is expected to optimize scheduling and reduce the company's breadown time.

Key Words: *Age replacement, Downtime, Interval, Maintenance, Preventive*

I. PENDAHULUAN

PT. Loka refractories Wira Jatim yaitu perusahaan yang memproduksi batu tahan api. Perusahaan ini menggunakan continuous process sehingga diperlukan system perawatan yang tepat untuk mengurangi waktu berhentinya proses produksi. Sehingga dapat dipastikan mesin agar tetap bisa digunakan untuk produksi. Masalah yang dihadapi oleh perusahaan ini adalah terjadinya keausan pada salahsatu komponen kritis dalam mesin mixing. Dimana didalam mesin ini terdapat komponen yang bernama pisau mixing. Untuk pisau mixing ini sendiri paling sering mengalami keausan disebabkan oleh pisau logam yang terbuat dari bahan metal dan bergesekan dengan partikel dari bahan baku produk batu tahan api. Dimana partikel produk batu tahan api berupa tanah liat, bauxite, karbon, dll. Untuk cara kerja mesin mixing ini adalah dengan memasukkan bahan baku ke dalam bak penampungan aduk lalu bilah pisau yang ada di dalam mesin berjalan berlawanan arah dengan bak wadah dan pisau pengaduk. Untuk meningkatkan produktivitas diperlukan perawatan mesin yang memadai guna mengurangi waktu downtime yang terjadi. Secara umum perawatan mesin dibagi menjadi dua yaitu planned downtime dan unplanned downtime. Dimana untuk planned downtime adalah perawatan yang dilakukan untuk merawat maupun memperbaiki mesin yang terdapat pada perusahaan. Jadi untuk planned downtime memiliki penjadwalan waktu tersendiri untuk melakukan perbaikan. Sedangkan untuk unplanned downtime adalah perbaikan yang dilakukan dimanaketika mesin rusak maka akan dilakukan perbaikan pada saat proses produksi sedang berlangsung. Untuk unplanned downtime adalah downtime yang biasanya mengakibatkan kerugian besar pada perusahaan (Ansori,2013). Untuk perusahaan yang ingin mengurangi waktu downtime dapat melakukan perawatan yang sesuai dengan standar operasional perusahaan. Selain dari melakukan SOP (Standar Operasional Perusahaan) perusahaan harus menjadwalkan sengan baik untuk metode yang digunakan. Perbaikan mesin dilakukan untuk menjamin keefektifan kinerja mesin, keselamatan pengguna, memperpanjang usia mesin, dan mengurangi kerugian karena terhentinya proses produksi.

Sebagai komponen penting dalam mesin mixing perusahaan, pisau aduk sering mengalami keausan akibat bergesekan langsung dengan bahan baku. Berkaitan dengan permasalahan di atas maka dilakukan penelitian guna memberkan alterbatif penjadwalan mesin atau waktu perawatan yang paling optimal pada PT. Loka Refractories Wira Jatim. Dimana untuk metode yang digunakan adalah meted age replacement yang mana metode ini akan memberikan solusi untuk komponen mana yang paling sering mengalami keausan, dikarenakan untuk setiap komponen memiliki umur penggunaan atau lifetime yang berbeda beda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perawatan

Maintenance bisa diterjemahkan perawatan atau pemeliharaan. Dimana untuk perawatan atau pemeliharaan sangat perlu dilakukan oleh perusahaan, karena suatu produksi akan berjalan lancar apabila mesin yang digunakan dapat beroperasi secara optimal (Ansori, 2013). Dimana perawatan merupakan kegiatan atau semua aktivitas yang diperlukan guna menjaga kualitas mesin supaya berfungsi baik seperti keadaan primanya. Sedangkan perawatan mempunyai definisi suatu aktivitas yang dilakukan sehingga bisa mengembalikan atau mempertahankan mesin dalam kondisi optimal untuk bisa beroperasi (Arsyad, 2013). Menyatakan bahwa perawatan juga merupakan pendukung dimana akan menjaga kelangsungan hidup dari mesin yang digunakan untuk proses produksi sehingga pada saat mesin diperlukan atau dibutuhkan pada saat berproduksi maka akan bisa langsung digunakan Biaya correctiive maintenance adalah biaya yang akan dihabiskan apabila peralatan rusak atau tidak dapat beroperasi dengan baik memerlukan biaya tambahan guna memperbaiki mesin. Biaya *corrective maintenance* diantaranya kehilangan waktu

produksi, biaya pemeliharaan atau biaya penggantian alat (Witonohadi, 2011). Kegiatan perawatan yakni seluruh rangkaian kegiatan yang dilakukan guna mempertahankan mesin dalam keadaan optimal dan aman, sehingga kerusakan bisa dikendalikan dan dihindari dihindari (Bachtiar, 2015).

Model proses perawatan yakni suatu proses perubahan ringkas dalam sistem perusahaan yang dideskripsikan dalam model input-output. Proses pemeliharaan yang dilakukan berpengaruh pada tingkat ketersediaan fasilitas produksi, laju produksi, kualitas produk akhir, biaya proses produksi dan keselamatan ketika beroperasi (Rofi, 2018). Beberapa faktor ini mempengaruhi keuntungan perusahaan. Proses perawatan yang berlangsung membantu ketika proses produksi berlangsung sehingga produk yang dihasilkan tepat waktu ketika diberikan kepada *customer*, dan juga dapat menjaga fasilitas dan peralatan tetap efisien dan efektif. Tujuannya adalah mewujudkan nol kerusakan (*zero breakdown*) pada mesin yang beroperasi (Sudrajat, 2011).

Untuk mempertahankan kesinambungan antar proses produksi dalam fasilitas dan peralatan akan diperlukan tindakan pemeliharaan seperti pembersihan, inspeksi, pelumasan, serta melakukan pengadaan suku cadang dari komponen yang diperlukan dalam mesin produksi dalam sebuah industri (Rizqi, 2016). Perawatan memiliki hubungan erat dengan tindakan pencegahan (*preventive*) dan perbaikan (*corrective*). Tindakan pada saat proses perawatan tersebut diantaranya:

- Pemeriksaan adalah aktivitas sistem atau mesin untuk mengetahui apakah sistem siap digunakan untuk melakukan proses produksi.
- *Service*, yaitu kegiatan yang memiliki tujuan untuk menjaga sistem atau mesin sesuai standar penggunaan mesin. Karena pada saat pembelian mesin pasti terdapat cara untuk menggunakan dan bagaimana untuk merawat suatu komponen atau bagian tertentu dalam suatu mesin.
- Penggantian komponen adalah tindakan penggantian komponen-komponen yang rusak dengan spesifikasi yang diinginkan. Aktivitas dapat dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan pencegahan terlebih dulu.
- Perbaikan (*repairment*), adalah aktivitas perbaikan ketika terjadi kerusakan kecil.
- *Overhaul*, tindakan besar yang pada umumnya dilakukan di akhir periode tertentu. Untuk perusahaan Loka Refractories sering menggunakan overhaul ini pada saat akhir suatu periode produksi (Sulistiawan, 2014).

Penjadwalan mempunyai fungsi sebagai alat pengambil keputusan berupa penetapan jadwal kerja dalam suatu perusahaan karena Penjadwalan merupakan proses pengalokasian beberapa sumber agar dapat memilih tugas pada durasi waktu tertentu. (Baker, 2011).

Hasil yang optimal didapatkan ketika Penjadwalan sistem kerja perawatan memiliki rencana kerja yang tersusun dan saling terkait satu sama lainnya yang berbasis pada waktu untuk keefektifan kerja. Penjadwalan dibuat dalam bentuk daftar komprehensif dari tugas perawatan, pemeliharaan dan perbaikan guna menghindari kerusakan. Tujuan dari penjadwalan perawatan yakni:

- Meningkatkan kegunaan sumber yang dimiliki perusahaan, meningkatnya fungsi untuk mengurangi waktu mengganggu sumber tersebut, sehingga akan menaikkan efektifitas dan efisiensi dari suatu produksi.
- meminimalisir jumlah pekerjaan yang mengganggu dan jumlah pekerjaan yang terlambat.

B. Keandalan (*Reliability*)

Reliability menunjukkan kondisi suatu fasilitas seperti apakah mesin siap digunakan dan apakah mesin sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh perusahaan (Kurniawan 2013). Keadaan tersebut dapat diartikan positif ataupun negatif. Konsep *reliability* nantinya akan menggunakan metode statistik sehingga untuk statistiknya nanti akan dapat

dilihat seperti contohnya menggunakan aplikasi minitab. *Reliability* juga dapat dihitung dengan menggunakan rata-rata banyaknya kegagalan dalam rangka waktu tertentu (*failure rate*) jadi dapat diketahui persebaran data tersebut yang cocok untuk digunakan. Dapat pula dinyatakan sebagai lamanya waktu rata-rata antar kegagalan (*mean time between failure*, MTBF). *Reliability* akan mempengaruhi *availability* atau keberadaan alat untuk dapat berfungsi dengan baik terutama untuk produk/barang yang *repairable* (dapat diperbaiki). Secara umum pengujian keandalan bertujuan untuk:

- Menentukan kondisi pada saat alat akan digunakan untuk proses produksi.
- Memformulasikan kebijakan garansi
- Mengidentifikasi alur kegagalan *design* dari *manufacturing*.
- Membantu pihak manajemen dalam memilih kebijakan strategi penggunaan alat.

Untuk menghitung jarak waktu antar kerusakan perhitungan dilakukan dengan cara menghitung jumlah hari sejak komponen pertama kali digunakan hingga rusak kembali yang dikalikan dengan waktu operasi mesin tersebut per hari-nya. Sehingga:

= Jumlah Hari Komponen Berfungsi x Waktu Operasi Mesin

Menurut Ansori (2013) alat yang dinyatakan mempunyai dua state yaitu (baik) dan (rusak) yang mana adalah hasil dari proses sehingga jika keandalan berharga satu, maka sistem dapat dipastikan dalam kondisi baik dan jika berharga nol, maka dipastikan bahwa sistem dalam kondisi rusak. Konsep *reliability* melibatkan metode statistik. *Reliability* juga dapat dihitung dengan menggunakan mean banyaknya kegagalan dalam durasi waktu tertentu (*failure rate*) (Otto, 2001). Dapat pula diartikan sebagai lamanya waktu mean antar kegagalan (*mean time between failure*, MTBF). *Reliability* nantinya akan mempengaruhi *availability* alat agar dapat berkerja dengan baik pada saat proses produksi (Praharsi, 2015). Kegiatan pengecekan dan penyesuaian peralatan baik berupa penggantian atau perbaikan alat dari item dan kehilangan waktu produksi yang disebabkan oleh aktivitas tersebut akan menimbulkan penambahan biaya operasional (Vidiasari, 2015).

C. Penjadwalan Perawatan

Penjadwalan adalah suatu proses penyaluran dari sumber untuk memilih sekelompok tugas dalam jangka waktu tertentu (Agus, 2002). Menurut Ahyari (2002) sebagaimana diketahui bahwa fungsi dari perawatan yakni untuk memperpanjang usia ekonomis mesin dan peralatan produksi dan juga mengusahakan supaya mesin dan peralatan produksi tetap dalam kondisi yang baik dan siap untuk melakukan proses produksi. Kbeberapa keuntungan yang didapatkan sebagai berikut:

- Mesin dan peralatan produksi perusahaan yang bersangkutan bisa digunakan dalam kurun waktu yang panjang, sehingga akan menguntungkan bagi perusahaan.
- Pelaksanaan proses produksi perusahaan dapat berjalan dengan lancar dan efisien.
- mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan berat pada mesin dan peralatan produksi ketika proses produksi sedang berlangsung.
- Peralatan produksi yang digunakan harus bisa beroperasi dengan stabil dan baik, sehingga proses dan pengendalian kualitas dapat dilakukan dengan baik.
- Menghindari kerusakan total dari mesin dan peralatan produksi yang digunakan selama proses produksi.

Penyerapan bahan baku dapat berjalan secara optimal jika mesin dan peralatan produksi berjalan secara baik.ole karena itu penjadwalan berfungsi sebagai alat pengambil keputusan untuk menentukan jadwal kerja mesin dan karyawan. Perawatan yang baik dilakukan dalam durasi waktu tertentu ketika waktu proses produksi sedang tidak beroperasi (Djunaidi, 2007). sedangkan definisi penjadwalan dalam sistem kerja perawatan adalah rencana kerja yang tersusun dan terkait satu sama lain yang berbasis pada waktu guna mengefektifkan produksi, dan akan diperoleh hasil yang optimal (Kennet, 2014). Penjadwalan ini dibuat dalam bentuk daftar komprehensiif dari tugas

perawatan dan perbaikan guna menghindari kerusakan yang akan terjadi. Tujuan dari penjadwalan perawatan diantaranya:

- Meningkatkan kegunaan dari sumber yang dimiliki, meningkatnya utilitas berarti berkurangnya waktu menganggur dari sumber tersebut.
- meminimalisir jumlah pekerjaan yang menunggu dan jumlah pekerjaan yang terlambat.

D. MTTF (Mean Time to Failure)

Menurut Ansori (2013) keandalan suatu sistem 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). MTTF adalah nilai rata-rata waktu kerusakan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen). MTTF disebut juga sebagai masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak. Semakin tinggi nilai MTTF akan menyebabkan peralatan cenderung *reliable*. MTTF digunakan pada peralatan yang bisa diperbaiki seperti kompresor, *hydraulic system*, pompa, motor dan *valve*. Pada peralatan yang tidak dapat diperbaiki disebut *Mean Time to Failure* (MTTF), contohnya adalah peralatan semacam *circuit board* dan lampu yang jika mengalami kerusakan harus diganti dengan yang baru. Aset yang tidak bisa diperbaiki disebut dengan MTTF. MTTF hanya digunakan pada komponen atau peralatan yang hanya bisa digunakan sekali pakai saja, yang jika telah mengalami kerusakan harus diganti dengan komponen atau peralatan yang baru. MTTF digunakan pada komponen atau alat-alat yang sering mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen atau alat yang masih baru. Keandalan untuk suatu sistem dapat dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai dari suatu sistem atau alat tersebut, yang dinotasikan dengan $E[T]$ dan biasanya sering disebut rata-rata waktu kerusakan atau *mean to failure* (MTTF) (Hariyanto, 2017). MTTF digunakan pada alat yang sering mengalami kerusakan pada saat digunakan dan harus diganti dengan alat yang baru atau baik. Rata-rata waktu kerusakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

$$= - \int_0^{\infty} t \frac{dR}{dt} dt = -tR(t)|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt$$

.....(1)

Karena $R(\infty)$ adalah bilangan 0, sehingga dapat diperoleh:

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

.....(2)

E. MTTR (Mean Time to Repair)

MTTR yakni rata-rata waktu dari suatu komponen mesin agar diperbaiki atau dirawat (*repair*) (Baker, 2013). MTTR sesuai dengan waktu yang digunakan untuk memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak (*failure*) (Tama, 2017). Rumus MTTR adalah:

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

.....(3)

F. Age Replacement

Age Replacement digunakan untuk menentukan interval dari waktu penggantian atau pencegahan sesuai dengan kriteria minimasi *downtime* (Yanti, 2015). Pada model *age replacement* terdapat 2 jenis siklus penggantian, yakni:

- Pertama; operator perusahaan dapat menentukan komponen yang telah mencapai umur penggantian (t_p) sesuai dengan rencana.
- Kedua; dapat ditentukan melalui komponen yang telah mencapai kerusakan sebelum mencapai waktu penggantian (Dewantara, 2014).

Beberapa variabel yang terkait pada metode *age replacement* diantaranya:

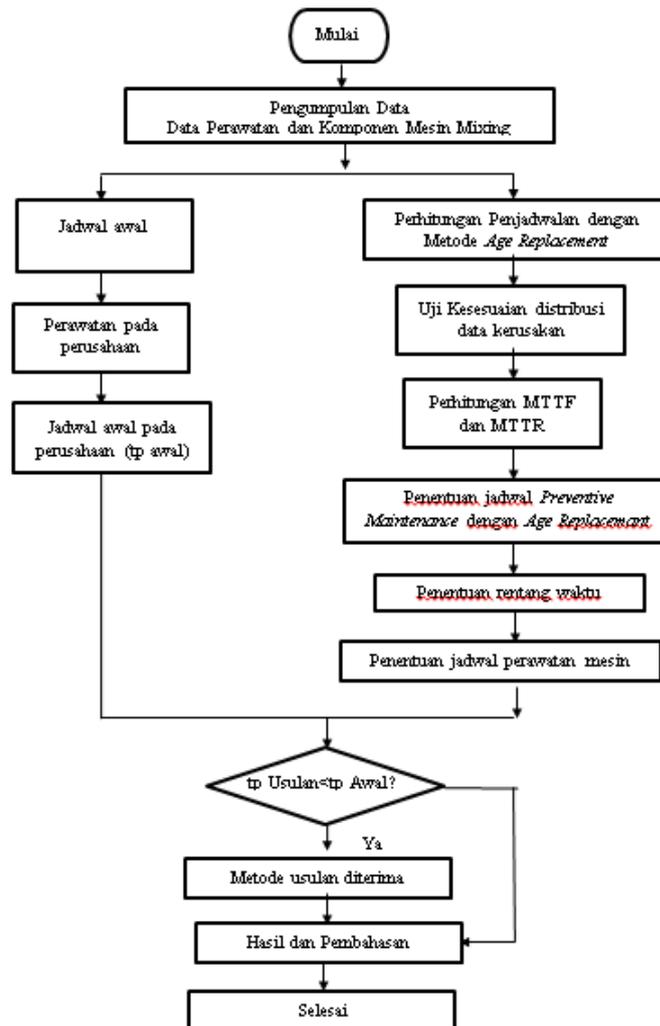
- **MTTF (*Mean Time to Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*)**
Adalah nilai rata-rata waktu dari kegagalan yang akan datang dari sistem (komponen), untuk sistem yang dapat diperbaiki maka MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan. MTTR adalah waktu rata-rata yang digunakan untuk melakukan pengecekan atau perbaikan saat komponen tersebut diperiksa oleh operator mekanik sampai dapat digunakan kembali (Mital, 2008). Interval waktu penggantian pencegahan (t_p) Variabel ini adalah variabel yang nantinya akan dicari titik optimalnya.
- ***Downtime* yang terjadi karena penggantian kerusakan (T_f)**
Penggantian komponen mesin dilakukan ketika variable rata-rata waktu perbaikan mengalami kerusakan secara tiba-tiba dan tidak terencana.
- **Penggantian pencegahan (T_p)**
Variabel ini adalah rata-rata waktu perbaikan yang sudah terencana sebelumnya. Karena selama ini tidak pernah dilakukannya penggantian pencegahan oleh perusahaan, maka nilai variabel ini didapatkan melalui cara menanyakan ke bagian perawatan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk membongkar komponen yang kritis, mengganti komponen yang rusak, dan memasangnya kembali hingga mesin kembali beroperasi kembali keandalan mesin, dimana nilainya dapat dicari setelah distribusi data pengolahan diketahui.
- **Keandalan komponen atau probabilitas komponen andal $[R(t_p)]$**
Nilai variabel dapat ditemukan ketika distribusi data sudah diketahui yang mana besar nilainya sama dengan nilai utilitas keandalan mesin.
- **Probabilitas kegagalan komponen ($F(t_p)$)**
Fungsi ini menggambarkan kemungkinan kerusakan yang terjadi dalam durasi waktu tertentu.
- **Nilai probabilitas total *downtime* per satuan waktu $[D(t_p)]$**
Indikator apakah nilai variabel interval penggantian pencegahan telah menghasilkan *downtime* minimal.
- **Nilai *maintenability* $[M(t_p)]$**
Waktu rata-rata ketika terjadi kerusakan pada penggantian pencegahan dilakukan saat t_p (Tarigan, 2013).

G. Mesin Mixing

Mesin *mixer* adalah Pembuatan *masse* (*mixing*). *Masse* merupakan campuran bahan-bahan baku pembuatan bata tahan api dan ditambah air sesuai komposisi yang dicampur menjadi satu dengan menggunakan mesin *mixer*. Proses *mixing* selama 10 menit. *Masse* inilah yang selanjutnya akan dibentuk menjadi bata tahan api. Perusahaan menggunakan mesin *mixing* type C dimana mesin ini adalah mesin *mixing* yang memiliki volume paling besar daripada mesin lainnya dan mesin ini adalah mesin yang paling sering beroperasi. Usia dari mesin *mixing* type C sendiri sudah melewati 9 tahun. Untuk spesifikasi mesin adalah mesin menggunakan motor penggerak 50 Kw. Mesin biasanya digunakan untuk menggiling *masse* dengan kecepatan 60Rpm.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Age replacement* sebagai langkah pemecahan aslah, seagai berikut:



Gambar. 1. Flowchart

Penjelasan langkah-langkah pemecahan masalah:

1. Tinjauan Pustaka dan Survei

Pengumpulan data dasar teoritis digunakan untuk menganalisa objek penelitian dan data bias didapatkan dari literatur dan survei lapangan sebagai bahan untuk pengolahan data.

2. Rumusan Masalah

Dalam proses produksi seringkali mesin di *Mixing* mengalami kerusakan yang membuat mesin berhenti beroperasi yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Maka dari itu untuk menghindari kerusakan yang merugikan perlu adanya sistem perawatan yang tepat dengan menggunakan metode *Age replacement*.

3. Tujuan Penelitian

Mengetahui umur komponen dan interval penggantian komponen yang tepat, mengurangi waktu *downtime* dan kerugian akibat kehilangan produksi dan mengurangi biaya perawatan.

4. Identifikasi Variabel

Mengidentifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi permasalahan tersebut.

5. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi data mesin dan komponen mesin, data sub komponen kritis mesin *Mixing*, data waktu kerusakan dan perbaikan komponen mesin *Mixing*.

6. Jadwal dari Perusahaan (t_p awal)
Pada tahap ini jadwal dari perusahaan didapat.
7. Uji Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan.
Model distribusi yang pada umumnya digunakan untuk memodelkan distribusi waktu antar kerusakan adalah distribusi normal, *lognormal*, *eksponensial* dan *weibull*.
8. Perhitungan MTTF dan MTTR
Menghitung rata-rata waktu kerusakan (*MTTR/Mean Time to Failure*) dan menghitung waktu rata-rata perbaikan yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu komponen (*MTTR/Mean Time to Repair*).
9. Penentuan Jadwal *Preventive maintenance* dengan *Age replacement*
Pada tahap ini dilakukan perhitungan interval waktu penggantian optimal (t_p), *reliability* ($R(t_p)$), probabilitas kegagalan komponen ($F(t_p)$), *maintenability* ($M(t_p)$), dan probabilitas total *downtime* per unit waktu ($D(t_p)$).
10. Hasil dan Pembahasan
Dari hasil pengolahan data yang diperoleh dapat dilakukan analisa dan pembahasan hasil penelitian dengan menggunakan teori yang berhubungan kemudian dapat dilakukan pemberian usulan sistem perawatan yang tepat.
11. Kesimpulan dan Saran
Berisi tentang kesimpulan dari permasalahan dan akan diberikan saran untuk menyelesaikan masalah yang ada di PT. Loka Refracory Wira Jatim

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Setelah mengumpulkan data yang berkaitan dengan objek penelitian (mesin *Mixing*) selanjutnya mengolah data historis. Data historis kerusakan komponen mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pada bulan Agustus 2019 sampai dengan Juli 2020. Data tersebut meliputi:

1. Daftar Mesin dan Komponen Mesin

Data Komponen mesin *Mixing* adalah sebagai berikut:

TABEL I
KOMPONEN MESIN MIXING

Mesin	Komponen Mesin	
Mixing	Komponen Penyusun Utama	<i>Processing Unit</i> <i>Lifting Unit</i>

Sumber: Data Sekunder/Data Perusahaan

2. Data Sub Komponen Kritis Mesin *Mixing*

Sub komponen kritis pada mesin *Mixing* adalah sebagai berikut.

TABEL II
SUB KOMPONEN KRITIS MESIN MIXING

No.	Components	Sub-Components
1	<i>Processing Unit</i>	<i>Mangkuk Wadah</i>
		<i>Elektro Motor</i>
		<i>Roller</i>
		<i>Pisau Aduk</i>
		<i>Frame Rangka</i>
2	<i>Lifting Unit</i>	<i>Belt</i>
		<i>Tali Seling</i>
		<i>Bak Penampungan</i>

Sumber: Data Sekunder/Data Perusahaan

3. Data Dari Waktu Kerusakan dan Perbaikan Komponen Mesin *Mixing*

Data dari waktu kerusakan dan perbaikan komponen pada mesin *Mixing* meliputi data berikut ini:

TABEL III
DATA KERUSAKAN DAN PERBAIKAN KOMPONEN MESIN MIXING BULAN AGUSTUS 2019 – JULI 2020

No	Tanggal	Components	Downtime (Minutes)
1	31/08/2019	Processing Unit	120
2	02/09/2019	Processing Unit	83
3	10/09/2019	Lifting Unit	90
4	11/09/2019	Lifting Unit	86
5	12/09/2019	Processing Unit	83
6	14/09/2019	Lifting Unit	85
7	17/09/2019	Lifting Unit	65
8	02/10/2019	Processing Unit	62
9	26/10/2019	Processing Unit	86
10	22/11/2019	Lifting Unit	90
11	27/11/2019	Lifting Unit	50
12	02/12/2019	Processing Unit	53
13	05/12/2019	Processing Unit	86
14	06/12/2019	Processing Unit	42
15	27/12/2019	Lifting Unit	32
16	09/01/2020	Processing Unit	75
17	10/01/2020	Lifting Unit	120
18	23/01/2020	Lifting Unit	85
19	11/02/2020	Lifting Unit	62
20	14/03/2020	Processing Unit	60
21	19/03/2020	Lifting Unit	65
22	08/04/2020	Processing Unit	85
23	09/04/2020	Lifting Unit	85
24	16/04/2020	Lifting Unit	78
25	15/06/2020	Processing Unit	120
26	18/06/2020	Processing Unit	45
27	29/07/2020	Processing Unit	55

Sumber: Data Sekunder/Data Perusahaan

B. Pengolahan Data

Sesuai dengan data yang telah dikumpulkan maka dilakukan pengolahan data untuk menentukan interval perawatan yang optimum guna menghasilkan biaya yang minimum..

1. Perhitungan dengan Metode *Age replacement*

Total biaya perawatan mesin *Mixing* dengan menggunakan metode *age replacement*.

2. Uji Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan

Tabel 3 sampai tabel 6 menunjukkan kesesuaian distribusi data kerusakan komponen mesin *mixing* dengan menggunakan *software* Minitab 16. Distribusi 1 merupakan uji distribusi waktu *downtime* komponen sedangkan distribusi 2 merupakan uji distribusi jarak waktu antar kerusakan komponen.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN DISTRIBUSI

No.	Komponen	Keterangan	Jenis	Parameter	
			Distribusi	β (shape)	η (scale)
1	Processing Unit	Distribusi 1	Weibull	3,7878	89,5698
		Distribusi 2	Weibull	0,9944	31814
2	Lifting Unit	Distribusi 1	Weibull	4,9228	72,7444
		Distribusi 2	Weibull	0,9301	26668,5

Sumber: Data diolah

Nilai parameter didapatkan dengan melihat nilai *estimate* yang ada di pengujian distribusi dan bisa dilihat pada lampiran B dan lampiran C. Parameter *shape* (β)

mendesripsikan bentuk distribusi pada distriibusi *Weibull*. Sedangkan parameter *scale* (η) mendeskripsikan sebaran data pada distribusi *Weibull*.

3. Perhitungan MTTR dan MTTF

Setelah didapatkan distribusi serta parameter setiap distribusi weibull pada tabel 7, selanjutnya bisa dilakukan perhitungan MTTR dan MTTF dengan menggunakan rumus dibawah ini:

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

TABEL V
PERHITUNGAN MTTF DAN MTTR

No.	Komponen	MTTR (Menit)	MTTF (Menit)
1	<i>Processing Unit</i>	76,48	29.548,63
2	<i>Lifting Unitt</i>	66,786	25.921,78

Sumber: Data diolah

4. Penentuan *Preventive Maintenance* dengan Metode *Age replacement*

Setelah didapatkan nilai MTTR dan MTTF, kemudian membuat jadwal interval perawatan mesin. Penjadwalan yang dibuat adalah penjadwalan penggantian komponen yang optimal. Hal ini dilakukan dengan metode *age replacement*, dimana bertujuan untuk mengurangi *downtime* yang terjadi.

Pertama, yakni mencari nilai *downtime* yang terkecil pada saat tp. Sebagai contoh, diketahui pada tabel 8 nilai MTTR dan MTTF pada komponen *Processing Unit*. Parameter yang digunakan adalah jarak waktu antar kerusakan atau distribusi 2 karena parameter tersebut digunakan untuk menentukan nilai tp yang merupakan waktu penggantian komponen yang paling optimal. Komponen *Processing Unit* berdistribusi *Weibull* dengan nilai parameter $\eta = 36313,6$ dan $\beta = 1,13941$. Berikut ini adalah hasil perhitungan *age replacement* dari setiap komponen.

TABEL VI
WAKTU PENGANTIAN PENCEGAHAN KOMPONEN

No.	Komponen	tp (menit)
1	<i>Processing Unit</i>	32.000
2	<i>Lifting Unit</i>	30.000

Sumber: Data diolah

Sehingga dapat disimpulkan untuk penjadwalan mesin dapat dilakukan dengan rentang waktu untuk Process Unit adalah sebesar 22,2 hari = 23 hari dan untuk Lifting Unit sebesar 20,8 hari = 21 hari. Berikut Tabel penjadwalan untuk perusahaan :

TABEL VII
TABEL PENJADWALAN MAINTENANCE MESIN

No	Tanggal	Components
No	Tanggal	Components
1	21/08/2020	<i>Process Unit</i>
2	21/08/2020	<i>Lifting Unit</i>
3	12/09/2020	<i>Lifting Unit</i>
4	13/09/2020	<i>Process Unit</i>
5	03/10/2020	<i>Lifting Unit</i>
6	06/10/2020	<i>Process Unit</i>
7	24/10/2020	<i>Lifting Unit</i>
8	29/10/2020	<i>Process Unit</i>
9	14/11/2020	<i>Lifting Unit</i>
10	21/11/2020	<i>Process Unit</i>
11	05/12/2020	<i>Lifting Unit</i>
12	14/12/2020	<i>Process Unit</i>
13	26/12/2020	<i>Lifting Unit</i>
14	06/01/2021	<i>Process Unit</i>
15	17/01/2021	<i>Lifting Unit</i>

16	29/01/2021	Process Unit
17	07/02/2021	Lifting Unit
18	21/02/2020	Process Unit
19	28/02/2021	Lifting Unit
20	16/03/2020	Process Unit
21	21/03/2021	Lifting Unit
22	08/04/2021	Process Unit
23	11/04/2021	Lifting Unit
24	02/05/2021	Lifting Unit
25	15/05/2021	Process Unit
26	23/05/2021	Lifting Unit
27	07/06/2021	Process Unit
28	13/06/2021	Lifting Unit
29	30/06/2021	Process Unit
30	04/07/2021	Lifting Unit
31	23/07/2021	Process Unit
32	25/07/2021	Lifting Unit
33	15/08/2021	Lifting Unit
34	25/08/2021	Process Unit

Sumber: Pengolahan Data

C. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil dari pengolahan data historis mesin didapatkan untuk distribusi yang digunakan adalah distribusi Weibull dikarenakan pada saat pengujian menggunakan aplikasi minitab didapatkan nilai error yang paling sedikit. Sehingga dilanjutkan untuk penentuan MTTF dan MTTR dan didapatkan variable parameter yang digunakan adalah jarak waktu antar kerusakan/distribusi 2 karena parameter tersebut digunakan untuk menentukan nilai t_p yang merupakan waktu penggantian komponen yang paling optimal. Komponen *Processing Unit* berdistribusi *weibull* dengan nilai parameter $\eta = 36313,6$ dan $\beta = 1,13941$.

Sehingga nantinya bisa di olah menjadi perhitungan *age replacement*. Setelah data yang dibutuhkan didapatkan maka selanjutnya masuk kedalam tahap perhitungan *age replacement* dan didapatkan untuk probabilitasn terkecil adalah pada waktu perawatan sebesar 32.000 menit pada *processing unit* dan 30.000 menit pada *Lifting Unit*

Sehingga dari pengolahan data didapatkan hasil interval waktu yang selanjutnya akan dilakukan pada tahap penjadwalan. Dimana untuk tahap penjadwalan dimulai dari bulan pertama setelah dilakukannya penelitian hingga satu periode kedepan yaitu selama satu tahun. Setelah dilakukannya penjadwalan sebaiknya untuk satu periode selanjutnya dilakukan penelitian yang lebih kompleks beserta beberapa variable pendukung guna memperoleh data penelitian yang lebih baik untuk proses penjadwalan.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan interval perawatan pada mesin *Mixing* di PT. Loka Refractories Wira Jatim diketahui bahwa *age replacement* sebagai metode perawatatan usulan terpilih dengan interval waktu penggantian komponen yang paling optimal pada komponen *Process unit* sebesar 32.000 menit, dan komponen *Lifting Unit* sebesar 30.000 menit dengan interval waktu perbaikan untuk *Processing Unit* adalah 23 hari dan *Lifting Unit* sebesar 21 hari. Maka selanjutnya dapat dilakukan penjadwalan mesin sampai dengan 1 periode.

Dari jadwal tersebut dapat diketahui untuk penjadwalan mesin dapat dilakukan dengan menggunakan *age replacement* dan ada perubahan dari penjadwalan sebelumnya yang hanya menggunakan *breakdown maintenance*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Ahyari. 2002. Manajemen Produksi dan Pengendalian Produksi. Yogyakarta: BPFE.
- Ansori dan Mustajib. 2013. Sistem Perawatan Terpadu. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Arsyad, M. dan Mustajab, M.I. 2013. Sistem Perawatan Terpadu. Yogyakarta : Penerbit Deepublish
- Bachtiar, D.P., Kusumangrum, dan Helianty, Y. 2015 Penjadwalan Perawatan Preventive pada Mesin Slotting di CV. Cahaya Abadi Teknik. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. Vol. 03 (04). pp. 296-307.
- Dewantara, M. F. (2018). Penjadwalan Preventive Maintenance Dengan Metode Age Replacement (Studi Kasus Dii Koperasi Agro Niaga Jabung, Kabupaten Malang) (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Hariyanto, S. Rahayuningsih dan H. Santoso. 2017. Analiisa Preventive Maintenance System dengan Modularity Design pada PT. Surya Pamenang. JATI UNIK. Vol. 01 (01). pp. 24-29.
- Kennet, R., Z. Shelemyahu dan D. Amberti. 2014. Modern Industrial Statistics with Applications in R, Minitab, and JMP 2nd Edition. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- Kurniawan, Fajar. 2013. Manajemen Perawatan Industri, Teknik, dan Aplikasi. Yogyakarta: Graha Ilmu. lopment. New Jersey: Prentice Hall.
- Mital, A., A. Desai, A. Subramanian dan A. Mital. 2008. Product Development: A Structured Approach to Consumer Product Development, Design, and Manufacture. Netherlands: Elsevier Science.
- Otto dan Wood. 2001. Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Deve
- Praharsi, Y., Sriwana, I. K., & Sari, D. M. (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance pada PT. Artha Prima Sukses Makmur. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 14(1), 59-65.
- Rizqi Awaludin, M. (2016). PERENCANAAN PERAWATAN MESIN STONE CRUSHER DENGAN MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT DI PT. VARIA USAHA BETON PLANT PANDAAN PASURUAN. Jurnal Teknik Mesin, 4(03).
- Rofi, Muhammad. 2018. Alat Mesin Pertanian. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Sudrajat, Ating. 2011. Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri. Bandung: Refika Aditama.
- Sulistiawan, A. (2014). PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN FILTER AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT SEBAGAI PENGOPTIMALAN BIAYA DOWN TIME DI CV. SEGAR MURNI MOJOKERTO. Jurnal Teknik Mesin, 3(02).
- Tama, S.G. dan Iskandar. 2017. Penentuan Interval Waktu Optimal Penggantian Komponen Wire Screen pada Mesin Wire Part dengan Metode *Age replacement* di PT. Mount Dream Indonesia. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 05 (02). pp 175-182.
- Tarigan, P., E. Ginting dan I. Siregar. 2013. Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance dengan Metode *Age replacement* pada PT. RXZ. e-Jurnal Teknik Industri FT USU. Vol. 03 (03). pp. 35-39.
- Yanti, Vivi Tri. 2015. Penerapan Preventive Maintenance dengan Menggunakan Metode *Age replacement* pada Mesin Goss di PT. ABC. Surabaya. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.