

ANALISIS *PERFORMANCE* MESIN *HAMMER MILL* MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY* *AVAILABILITY MAINTAINABILITY (RAM)* DI PT. XYZ

Raditya Chavvah Hesa Putra¹⁾, Joumil Aidil²⁾

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

³⁾ Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294

e-mail: raditchp26@gmail.com¹⁾, joumilaidils19@gmail.com²⁾

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan satu dari sekian banyak perusahaan unggas terbesar di negara ini dan merupakan perusahaan penghasil makanan ternak. membagi proses produksinya menjadi empat bagian yaitu bagian intake, batching, pellet dan packing. Diantara ke empat bagian tersebut bagian batching adalah yang memiliki resiko downtime mesin terbesar. Setiap mesin di batching section memiliki jumlah yang bervariasi kecuali mesin mixer dan hammer mill yang hanya berjumlah 1. Mesin hammer mill memiliki jumlah downtime yang sangat besar jika dibandingkan dengan mesin yang lain. Hammer mill adalah mesin yang digunakan untuk menggiling berbagai padatan. Mesin ini merupakan salah satu key equipment yaitu kelangsungan proses produksi sangat bergantung pada kelancaran mesin tersebut. Mesin hammer mill dalam kegiatannya tidak dapat bekerja secara optimal atau belum memiliki performansi yang baik dikarenakan tidak adanya jadwal pemeliharaan yang tepat yang dilakukan perusahaan. Metode yang dipakai adalah Reliability Availability Maintainability (RAM). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai keandalan, ketersediaan dan kemampuan perawatan mesin hammer mill yang memenuhi standar sehingga dapat menghasilkan jadwal pemeliharaan yang tepat. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai reliability system sebesar 81,37% pada $R(t) = 336$ jam, nilai maintainability system 82% dengan minimal waktu perbaikan $M(t) = 11$ jam, nilai inherent availability 99,23% dan nilai operational availability 98,75%.

Kata Kunci: *Availability, Hammer mill, Maintainability, Reliability*

ABSTRACT

PT. XYZ is one of the largest poultry companies in the country and is a company producing animal feed. divides the production process into four parts, namely the intake, batching, pellet and packing parts. Among the four Sections batching is the one with the greatest risk of machine downtime. Each machine in the batching section has a varying number except for the mixer and hammer mill machines which can only be done 1. A hammer mill machine has a very large amount of downtime when compared to other machines. A hammer mill is a machine used for grinding various solids. This machine is one of the main equipment, namely the continuity of the production process is very dependent on the smooth running of the machine. The hammer mill machine in its activities cannot work optimally or does not yet have good performance due to the absence of a proper maintenance schedule carried out by the company. The method used is Reliability Availability Maintenance (RAM). This study aims to determine the value of reliability, availability and maintenance capability of hammer mill machines that meet the standards so that they can produce an appropriate maintenance schedule. Based on the calculations that have been done, the system reliability value is 81.37% at $R(t) = 336$ hours, the system maintenance value is 82% with a minimum repair time $(t) = 11$ hours, the inherent availability value is 99.23% and the operational value availability 98.75%.

Keywords: *Availability, Hammer mill, Maintainability, Reliability*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan satu dari sekian banyak perusahaan unggas terbesar di negara ini. PT. XYZ adalah perusahaan penghasil makanan ternak. PT. XYZ membagi proses produksinya menjadi empat bagian yaitu bagian *intake*, bagian *batching*, bagian *pellet* dan bagian *packing*. Diantara ke empat bagian tersebut bagian *batching* adalah yang memiliki resiko *downtime* mesin terbesar, karena bagian *batching* adalah bagian proses pembuatan semua produk yang diproduksi. Setiap mesin di bagian *batching* memiliki jumlah yang bervariasi kecuali mesin *mixer* dan *hammer mill* yang hanya berjumlah 1. Mesin *hammer mill* memiliki jumlah *downtime* yang sangat besar jika dibandingkan mesin yang lain.

Mesin *hammer mill* yang digunakan oleh PT. XYZ seharusnya memiliki kapasitas produksi 1.000 kg/jam atau 2,4 juta kg/bulan, tetapi mesin tidak mencapai kondisi maksimal karena diakibatkan oleh penurunan performansi selama periode bulan Oktober 2019-September 2020. Dari hasil observasi didapati bahwa masalah utama pada PT. XYZ adalah tidak adanya jadwal pemeliharaan yang tepat pada mesin *hammer mill*. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis performansi mesin dengan pemilihan metode *reliability availability maintainability* (RAM).

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui nilai keandalan, ketersediaan dan kemampuan perawatan mesin *hammer mill* yang memenuhi standar IVARA agar dapat menghasilkan jadwal pemeliharaan preventif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Perawatan

Pemeliharaan atau perawatan merupakan konsep dari semua kegiatan yang digunakan guna memelihara peralatan agar tetap dalam pengoperasian yang normal (Sukendar, 2020). Perawatan juga merupakan aktivitas penunjang yang menjamin kontinuitas mesin dan peralatan agar dapat digunakan sesuai yang diharapkan pada saat dibutuhkan. Secara umum, pemeliharaan adalah ilmu dan seni, karena manajer, mandor, dan mekanik memutuskan sikap mereka untuk menarik lebih banyak perhatian adalah masalah yang sama dengan berbagai metode menerima permintaan dan tanggapan (Widana, 2020). Oleh karena itu, dalam proses produksi terdapat kebutuhan yang mendesak untuk menggunakan aktivitas perawatan mesin, yaitu aktivitas yang berfokus pada pemastian komponen atau sistem agar ketika dioperasikan sesuai dengan fungsi aslinya (Putri, 2018). Dari beberapa sudut pandang di atas, kegiatan perawatan dilakukan untuk memelihara atau memperbaiki peralatan agar dapat menghasilkan produk secara efektif dan efisien berdasarkan pemesanan yang telah terencana dan memiliki produk berkualitas tinggi (Yusra, 2018)

Model proses pemeliharaan dijelaskan dalam model *input-output*, yang merupakan proses konversi singkat suatu perusahaan. Aktivitas pemeliharaan yang dijalankan akan mempengaruhi tingkat ketersediaan fasilitas suatu mesin, produktivitas, kualitas produk akhir, biaya produksi dan keselamatan operasional (Rofi, 2018). Untuk menjaga kelangsungan proses produksi di fasilitas dan peralatan, sering kali diperlukan kegiatan perawatan seperti *inspection*, pelumasan, dan pembelian *stock parts* pada komponen yang ada di fasilitas industri (Fikri, 2020).

B. Tujuan Perawatan

Kegiatan pemeliharaan memiliki tujuan (Fathun, 2020), yang disebutkan sebagai berikut:

1. Memperpanjang umur aset.

2. Memastikan bahwa peralatan terbaik untuk produksi dapat diperoleh dan laba atas investasi terbesar dapat diperoleh.
3. Memastikan semua peralatan yang akan digunakan pada kondisi darurat sudah siap digunakan.
4. Memastikan keamanan operator saat menggunakan peralatan tersebut.

C. Tujuan Pembentukan Departemen Perawatan

Menurut Arsyad (2018), tujuan didirikannya departemen pemeliharaan dalam di perusahaan yaitu:

1. Menjaga dan meningkatkan fasilitas industri, baik berupa bangunan maupun peralatan lainnya selalu dalam kondisi terbaiknya.
2. Menjamin kontinuitas produksi, sehingga modal investasi dapat pulih kembali dan pada akhirnya diperoleh keuntungan yang sangat besar.

D. Fungsi Perawatan

Menurut Inayah, (2020) pemeliharaan memiliki fungsi sebagai memanjangkan umur ekonomis dari suatu mesin atau peralatan produksi, dan sebagai pemasti mesin tersebut agar dalam kondisi terbaiknya dan siap digunakan ketika proses produksi berjalan.

E. Model Distribusi Probabilitas Kerusakan

Menurut Suwondo (2020) pada jurnalnya, setelah mendapatkan variabel random dari waktu kerusakan masing-masing perangkat, dilakukan uji distribusi kerusakan untuk mendapatkan nilai reliabilitas perangkat. Dalam uji distribusi kerusakan, biasanya digunakan empat distribusi untuk menghitung tingkat keandalan peralatan. Distribusinya adalah:

1. Distribusi Normal

Dapat disebut distribusi Gaussian, distribusi probabilitas ini paling banyak digunakan (Noviansyah, 2020).

2. Distribusi Lognormal

Merupakan suatu gambaran situasi yang bermacam-macam pada distribusi kerusakan (Sowondo, 2020).

3. Distribusi Eksponensial

Merupakan suatu distribusi yang sering digunakan untuk mengevaluasi *reliability* dari mesin (Noviansyah, 2020).

4. Distribusi Weibull

Merupakan distribusi yang digunakan untuk menghitung *reliability* mesin, distribusi ini dibantu dengan dua parameter yaitu *shape parameter* (β) dan *scale parameter* (η) untuk perhitungannya (Sowondo, 2020).

F. MTBF Dan MTTR

Setelah melakukan perhitungan distribusi kerusakan dapat dilanjut dengan pencarian nilai MTBF dan MTTR. *Mean Time Between Failure* (MTBF) merupakan waktu rata-rata dari suatu kerusakan (Maulana, 2019). MTBF dapat dirumuskan menurut distribusinya masing-masing, yaitu sebagai berikut:

MTBF dari distribusi normal:

$$MTBF = \mu \dots\dots\dots(1)$$

MTBF dari distribusi lognormal:

$$MTBF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

MTBF dari distribusi eksponensial:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots(3)$$

MTBF dari distribusi *weibull*:

$$MTBF = \theta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan : θ = scale parameter
 β = shape parameter

Mean Time To Repair (MTTR) waktu rata-rata dari mesin untuk dilakukan suatu perawatan (*repair*). MTTR disesuaikan dengan lamanya waktu untuk memperbaiki atau mengganti bagian yang rusak. (Tama, 2017). Rumus untuk masing-masing distribusi adalah:

MTTR dari distribusi normal:

$$MTTR = \mu$$

MTTR dari distribusi lognormal:

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} \dots\dots\dots(5)$$

$$t_{med} = e^{\alpha} \dots\dots\dots(6)$$

$$\alpha = \frac{\sum \ln(ti)}{n} \dots\dots\dots(7)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\ln ti - \alpha)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(8)$$

Diketahui :

t_{med} = Waktu antar kerusakan

s = Shape parameter

e = Kontanta matematika

α = Rata – rata $\ln(t)$

MTTR dari distribusi eksponensial:

$$MTTR = 1/\lambda$$

MTTR dari distribusi *weibull*:

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$$

G. Reliability, Availability, Maintainability (RAM)

Menurut Yusra (2018), *Reliability, Availability, Maintainability* (RAM) adalah perhitungan yang digunakan mempresentasikan atau meprediksi dari keandalan, ketersediaan dan kemampuan perawatan suatu sistem. Oleh karena itu, untuk menilai efisiensi dan kinerja perawatan mesin, *Reliability Availability Maintainability* dapat menjadi komponen yang penting. Analisis RAM juga dapat membantu dalam merancang rencana jadwal pemeliharaan dan meningkatkan ketersediaan sistem. RAM mempunyai indikator kinerja utama, yaitu *availability* yang merupakan bagian dari waktu sistem beroperasi penuh (Nugrahaningrum, 2018). Kinerja pemeliharaan dapat dinilai menggunakan pengukuran keandalan, pemeliharaan, dan ketersediaan (Choudhary, 2019).

1. Reliability

Reliability atau keandalan diartikan sebagai kemampuan sistem untuk beroperasi sesuai fungsinya dalam kurun waktu tertentu. (Siswanto, 2020).

Rumus keandalan distribusi normal adalah:

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma t}\right)^2} dt \dots\dots\dots(9)$$

Rumus keandalan distribusi lognormal adalah

$$R(t) = 1 - \Phi \left[\frac{t-\mu_t}{\sigma_t} \right] \dots\dots\dots(10)$$

Rumus keandalan dari distribusi eksponensial adalah

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(u) du = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(11)$$

Rumus keandalan dari distribusi *weibull* adalah

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

$R(t)$ = fungsi keandalan

e = konstanta matematika

- t = waktu (hari)
- θ = *scale parameter*
- β = parameter kemiringan (*shape parameter*)

2. Maintainability

Maintainability perhitungan ini dapat dengan jelas menunjukkan kemungkinan perbaikan setiap subsistem kritis atau mesin. (Azmi, 2017)

Formula perhitungan *maintainability*:

$$M(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{MTTR}\right) \dots\dots\dots(13)$$

3. Availability

Availability dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa sistem akan beroperasi sesuai fungsinya dalam jangka waktu tertentu dalam kondisi operasi yang telah ditentukan (Badar, 2018). *Availability* terdapat dua jenis yaitu *inherent availability* dan *operational availability* (Pamboedi, 2018). *Inherent availability* adalah suatu ukuran untuk mengetahui kesiapan mesin saat akan dievaluasi. *Inherent availability* dapat dihitung dengan rumus:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \dots\dots\dots(14)$$

Sedangkan *operational availability* adalah suatu peluang ketersediaan dari mesin saat akan melakukan operasi secara operasional. *Operational availability* dapat dihitung dengan rumus:

$$A_o = \frac{Uptime}{Siklus Operasi} \dots\dots\dots(15)$$

H. Reliability Process Key Performance Indicators

Menurut Arrahman (2017) indikator utama dari proses pemeliharaan adalah proses untuk mengkonfirmasi pengukuran. *Performance indicator* (PI) dapat digunakan untuk kegiatan pemeliharaan, yang dinamakan *Maintenance Performance Indicator*. Indikator kinerja digunakan untuk mengurangi *downtime*, *waste*, biaya yang berlebihan, pengoperasian efisien, dan peningkatan dari kapasitas suatu operasi (Putri, 2018).

1. Standar Kerja

Pengukuran standar kerja yang direkomendasikan merupakan persentase standar kerja yang ditentukan setelah standar kerja diajukan. Standar kerja harus ditinjau dan dikonfirmasi. Hal ini sejalan dengan standar perawatan internasional yaitu (>80%). *Reliability system* jika nilainya lebih besar atau sama dengan 80%, hal ini menandakan keandalan mesin sudah baik. *Maintainability system* jika nilainya lebih besar atau sama dengan 80% ini menunjukkan daya rawat sistem, yang menunjukkan bahwa daya rawat mesin baik.

2. Jumlah Perencanaan Kerja

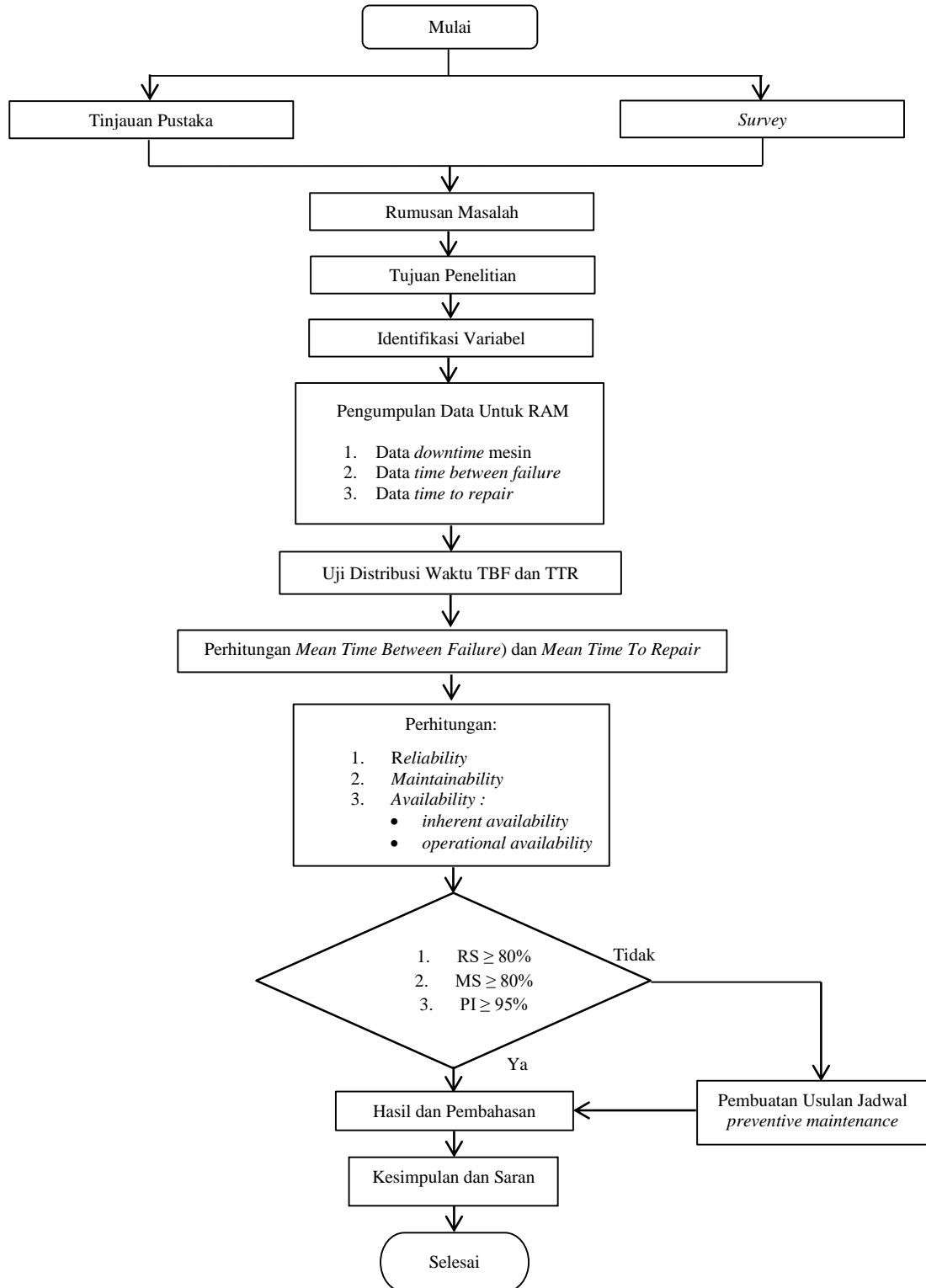
Rencana kerja yang layak mencakup semua informasi. Memaksimalkan pemeliharaan membutuhkan sebagian besar efisiensi dalam rencana kerja. Semua pekerjaan, waktu yang ditentukan dan persentase urutan dari semua rencana di tempat yang telah dilaksanakan. (Misalnya: tenaga kerja, jam kerja, prioritas kerja, sesuai jadwal, dll). Menurut standar internasional >95% dari semua proyek harus direncanakan. Jika indeks kinerja lebih besar dari atau sama dengan 95% menandakan *availability* mesin tersebut baik.

3. Kualitas Penjadwalan

Persentase urutan kerja merupakan waktu yang telah ditentukan oleh penjadwalan yang telah ditentukan sebelumnya. Standar nasionalnya menerapkan yaitu target mencapai >95%, hal ini dilakukan untuk memastikan urutan pekerjaan sudah lengkap sebelum tenggat waktunya selesai indeks kinerja lebih besar dari atau sama dengan 95% menandakan *availability* mesin tersebut baik.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Di dalam suatu penelitian, harus dilakukan langkah untuk memecahkan masalah tersebut, berikut adalah langkah untuk memecahkan masalah menggunakan metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM):



Gambar 1 Langkah-langkah Pemecehan Masalah

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Sebelum dilakukannya pengolahan data maka dilakukan pengumpulan data terlebih dahulu yang berkaitan dengan mesin *hammer mill*. Data historis yang digunakan untuk penelitian ini adalah data kerusakan, waktu antar kerusakan (*Time Between Failure*) dan waktu perbaikan (*Time To Repair*) pada Oktober 2019 sampai dengan September 2020.

1. Data Waktu Kerusakan

Berdasarkan data informasi dari perusahaan, mesin *hammer mill* mengalami kerusakan pada periode November 2019-September 2020 dapat dilihat pada tabel I berikut ini.

TABEL I
DATA KERUSAKAN MESIN *HAMMER MILL* PADA BULAN OKTOBER 2019-SEPTEMBER 2020

No.	Tanggal Kerusakan	Komponen
1.	14 November 2019	Martil
2.	1 November 2019	Rotor
3.	10 Januari 2020	Casing Atas
4.	4 Februari 2020	Rotor
5.	9 Februari 2020	Rotor
6.	30 April 2020	Casing Atas
7.	20 Mei 2020	Rotor
8.	24 Juni 2020	Martil
9.	8 Agustus 2020	Foundation
10.	21 Agustus 2020	Rotor
11.	30 September 2020	Casing Atas

2. Data Waktu Antar Kerusakan

Adapun data waktu antar kerusakan (*time between failure*) mesin *hammer mill* pada periode Oktober 2019-September 2020 dapat dilihat pada tabel II berikut ini.

TABEL II
DATA WAKTU ANTAR KERUSAKAN (*TIME BETWEEN FAILURE*) MESIN *HAMMER MILL* PADA BULAN OKTOBER 2019-SEPTEMBER 2020

No.	Periode Waktu Antar Kerusakan	Time Between Failure (Hari)
1.	14 Oktober 2019 – 1 November 2019	17
2.	1 November – 10 Januari 2019	70
3.	10 Januari 2019 - 4 Februari 2020	25
4.	4 Februari 2020 - 9 Februari 2020	5
5.	9 Februari 2020 - 30 April 2020	80
6.	30 April 2020 - 20 Mei 2020	20
7.	20 Mei 2020 - 24 Juni 2020	35
8.	24 Juni 2020 - 8 Agustus 2020	45
9.	8 Agustus 2020 - 21 Agustus 2020	13
10.	21 Agustus 2020 - 30 September 2020	40
Total Time Between Failure (Jam)		8400

3. Data Waktu Perbaikan

Berikut adalah data informasi waktu perbaikan mesin *hammer mill* pada periode Oktober 2019-September 2020 yang ditampilkan pada tabel III dibawah ini.

TABEL IV
DATA WAKTU PERBAIKAN (*TIME TO REPAIR*)MESIN *HAMMER MILL*

No.	Komponen	Tanggal Perbaikan	Time To Repair (Jam)
1.	Martil	14 Oktober 2019	2
2.	Rotor	2 November 2019	15
3.	Casing Atas	10 Januari 2020	3
4.	Rotor	5 Februari 2020	7
5.	Rotor	10 Februari 2020	11
6.	Casing Atas	30 Mei 2020	4
7.	Rotor	21 Mei 2020	7
8.	Martil	24 Juni 2020	2
9.	Foundation	8 Agustus 2020	6
10.	Rotor	22 Agustus 2020	12
11.	Martil	30 September 2020	2
Total			71

B. Pengolahan Data

Proses pengujian distribusi meliputi distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi *weibull*, dan distribusi eksponensial yang menggunakan *software Minitab 16*

1. Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Berikut adalah tabel hasil penentuan parameter distribusi waktu antar kerusakan.

TABEL V
PENENTUAN PARAMETER DISTRIBUSI WAKTU ANTAR KERUSAKAN

Keterangan	Jenis Distrubsi	Anderson-Darling	Distribusi Terpilih
Waktu antar kerusakan (<i>Time Between Failure</i>)	Normal	0,351	<i>Weibull</i>
	Eksponensial	0,489	
	<i>Weibull</i>	0,159	
	Lognormal	0,190	

Berikut adalah tabel hasil pengujian distribusi waktu antar kerusakan.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN DISTRIBUSI WAKTU ANTAR KERUSAKAN

Keterangan	Jenis Distribusi	Parameter	
		β (<i>shape</i>)	θ (<i>scale</i>)
Waktu antar kerusakan (<i>Time Between Failure</i>)	<i>Weibull</i>	1,54227	935,43870

2. Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi Waktu Perbaikan

Berikut adalah tabel hasil penentuan parameter distribusi waktu perbaikan.

TABEL VII
PENENTUAN PARAMETER DISTRIBUSI WAKTU PERBAIKAN

Keterangan	Jenis Distrubsi	Anderson-Darling	Distribusi Terpilih
Waktu Perbaikan (<i>Time To Repair</i>)	Normal	0,486	<i>Weibull</i>
	Eksponensial	0,667	
	<i>Weibull</i>	0,388	
	Lognormal	0,390	

Berikut adalah tabel hasil pengujian distribusi waktu perbaikan.

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN DISTRIBUSI WAKTU PERBAIKAN

Keterangan	Jenis Distribusi	Parameter	
		β (<i>shape</i>)	θ (<i>scale</i>)
Waktu Perbaikan (<i>Time To Repair</i>)	<i>Weibull</i>	1,57273	7,22736

3. Perhitungan MTBF dan MTTR

Setelah melakukan pengujian distribusi dan menentukan parameternya, kemudian dilakukan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sesuai dengan distribusi yang terpilih yaitu distribusi *weibull* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MTBF/MTTR = \theta \cdot \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right)$$

Hasil perhitungan MTBF dan MTTR dapat dilihat pada tabel IX dibawah ini.

TABEL IX
HASIL PERHITINGAN MTBF DAN MTTR

Mesin	MTBF (Jam)	MTTR (Jam)
Hammer Mill	838,69	6,48

4. Perhitungan *Reliability*

Perhitungan *reliability* akan disesuaikan dengan distribusi dipilih yaitu distribusi *weibull*. Pada penelitian ini, waktu yang ditentukan adalah 720 jam - 336 jam dengan interval 24 jam. Berikut merupakan contoh perhitungan *reliability*:

$$\begin{aligned}
 R(720) &= e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \\
 &= 2,718^{-\left(\frac{720}{935,43870}\right)^{1,54227}} \\
 &= 0,5128 \\
 R(720) &= 51,28\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *reliability* mesin *hammer mill* dapat dilihat pada tabel X dibawah ini.

TABEL X
HASIL PERHITINGAN *RELIABILITY* MESIN *HAMMER MILL*

No.	t (Jam)	<i>Reliability System</i>
1.	720	51,28%
2.	696	53,05%
3.	672	54,86%
4.	648	56,68%
5.	624	58,53%
6.	600	60,40%
7.	576	62,29%
8.	552	64,19%
9.	528	66,10%
10.	504	68,02%
11.	480	69,95%
12.	456	71,88%
13.	432	73,80%
14.	408	75,72%
15.	384	77,62%
16.	360	79,51%
17.	336	81,37%

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui jika mesin beroperasi telah mencapai 336 jam menghasilkan nilai *reliability system* sebesar 81,37% dan sudah melebihi standar IVARA yaitu 80%.

5. Perhitungan *Maintainability*

Pada perhitungan *maintainability* mesin *hammer mill* untuk perbaikan mesinnya berkisar antara t = 1 jam sampai t = 11 jam. Berikut merupakan contoh perhitungan *maintainability*:

$$\begin{aligned}
 M(t) &= 1 - \exp\left(-\frac{t}{MTTR}\right) \\
 M(1) &= 1 - \exp\left(-\frac{1}{6,48}\right) \\
 &= 1 - 0,86 \\
 &= 0,14 \\
 M(1) &= 14\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *maintainability* mesin *hammer mill* dapat dilihat pada tabel XI dibawah ini.

TABEL XI
HASIL PERHITUNGAN MAINTAINABILITY PADA MESIN HAMMER MILL

No.	t (Jam)	Maintainability System
1.	1	14%
2.	2	27%
3.	3	37%
4.	4	46%
5.	5	54%
6.	6	60%
7.	7	66%
8.	8	71%
9.	9	75%
10.	10	79%
11.	11	82%

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui mesin perlu dilakukan perbaikan minimal 11 jam agar mesin tersebut dapat kembali ke kondisi optimalnya karena menghasilkan nilai *maintainability system* sebesar 82% dan sudah melebihi standar IVARA yaitu 80%.

6. Perhitungan Availability

a. Inherent Availability

Berikut merupakan rumus perhitungan beserta perhitungan *inherent availability*:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$= \frac{838,69}{838,69 + 6,48}$$

$$= 0,9923$$

$$A_i = 99,23\%$$

b. Operational Availability

Berikut merupakan rumus perhitungan beserta perhitungan *operational availability*:

$$A_o = \frac{Uptime}{Siklus Operasi}$$

Uptime = waktu operasi selama 1 tahun

Siklus Operasi = *uptime* + *downtime*

Downtime = total jumlah TTR

$$A_o = \frac{Uptime}{Siklus Operasi}$$

$$= \frac{5617}{5617 + 71}$$

$$= 0,9875$$

$$A_o = 98,75\%$$

Hasil perhitungan *inherent availability* dan *operational availability* dapat dilihat pada tabel XII dibawah ini.

TABEL XII
INHERENT AVAILABILITY DAN OPERATIONAL AVAILABILITY

Mesin	Inherent Availability	Operational Availability	Performance Indicator (95%)
Hammer Mill	99,23%	98,75%	Achieved

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nilai *inherent availability* dan *operational availability* mesin *hammer mill* telah melebihi standar IVARA yaitu 95%.

7. Pembuatan Jadwal Perawatan Mesin

Berdasarkan perhitungan *reliability* dan *maintainability* sebelumnya dapat dibuatkan usulan jadwal perawatan pada penelitian ini yaitu Dilakukan penjadwalan *preventive maintenance* ketika waktu operasi mesin *hammer mill* telah mencapai 336 jam dengan waktu perbaikan 11 jam.

C. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan proses penelitian, maka tahap selanjutnya merupakan analisa pembahasan sebagai berikut:

1. Perhitungan *reliability* dilakukan untuk mengetahui peluang kemampuan (keandalan) mesin *hammer mill* dalam jangka waktu 720 jam – 336 jam. Nilai *reliability system* yang diperoleh pada $t = 720$ jam yaitu 51,58% sedangkan nilai *reliability system* yang diperoleh pada $t = 336$ jam yaitu 81,37%. Pada waktu mesin beroperasi selama 336 jam sudah memenuhi standar (standar IVARA dalam *realibility system* yaitu 80%).
2. Perhitungan *maintainability* dilakukan untuk mengetahui kemampuan mesin untuk diperbaiki dalam waktu berkisar 1 jam – 11 jam. Nilai *maintainability system* yang diperoleh pada $t = 1$ jam yaitu 14% sedangkan nilai *maintainability system* yang diperoleh pada $t = 11$ jam yaitu 82%. Apabila mesin diperbaiki dengan durasi 11 jam sudah memenuhi standar (standar IVARA dalam *maintainability system* yaitu 80%).
3. Nilai *inherent availability* pada mesin *hammer mill* yaitu 99,23% yang menurut IVARA sudah memenuhi standar (standar IVARA dalam *performance indicator* sebesar 95%).
4. Nilai *operational availability* pada mesin *hammer mill* yaitu 98,75% yang menurut IVARA sudah memenuhi standar (standar IVARA dalam *performance indicator* sebesar 95%).
5. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Reliability, Availability, Maintainability (RAM)* dapat diketahui nilai *reliability system*, dan *maintainability system*, sehingga dapat menghasilkan usulan jadwal perawatan mesin.

V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Hasil *reliability system* yaitu 81,37% dengan waktu pengoperasian mesin $R(t) = 336$ jam. Dari nilai tersebut dapat dijelaskan bahwa *reliability* mesin *hammer mill* telah melebihi standar IVARA dengan nilai *reliability system* sebesar 80%. Hasil *maintainability system* yaitu sebesar 82% dengan minimal waktu perbaikan $M(t) = 11$ jam. Dari nilai tersebut dapat dijelaskan bahwa nilai *maintainability* tersebut telah melebihi standar IVARA dengan nilai *maintanability system* sebesar 80%. Hasil *inherent availability* yaitu 99,23% dan hasil *operational availability* sebesar 98,75%. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa nilai *availability* telah melebihi standar dengan nilai *performance indicator* sebesar 95%. Berdasarkan hasil perhitungan *performance* mesin dengan menggunakan metode *Reliability Availability Maintainability (RAM)* pada mesin *hammer mill*, dapat dibuatkan penjadwalan *preventive maintenance* saat waktu operasi mesin telah mencapai 336 jam dengan waktu perbaikan selama 11 jam.

PUSTAKA

- Arrahman, Muhamad Rafif. 2017. Penilaian Kinerja Pada Mesin *Mori Seiki NH4000 DCG* Dengan Menggunakan Metode *Reliability Availability Maintainability (RAM)* Dan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. *e-Proceeding of Engineering*. Vol.4, No.2, Page 2583.
- Arsyad, Muhammad. 2018. Manajemen Perawatan. Yogyakarta: Deepublish.
- Azmi, Annisa, 2017. Penilaian Kinerja Mesin *Caulking Line 6* Dengan Menggunakan Metode *Reliability Availability Maintainability (RAM) Analysis* Dan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* (*Study Case: PT DNS*). Vol.04, No.2.
- Badar, Mohammad. 2018. Analisis Performansi Mesin Menggunakan Metode *Reliability Availability Maintainability (RAM) Analysis* Dan Penentuan Umur Mesin Serta *Maintenance Set Crew* Optimal Menggunakan *Life Cycle Cost (LCC) Analisis* Pada Mesin *Dumping Line 1* Di PT XYZ. Vol.5, No.2.
- Choudhary, Devendra. 2019. *Reliability, Availability and Maintainability Analysis of a Cement Plant: a case study*. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Fathun. 2020. Pemeliharaan kelistrikan dan kendaraan ringan. Jakarta: Diandra kreatif.

- Fikri, Nidaru. 2020. Penentuan Interval Perawatan Mesin *Air Separation Plant* Secara *Preventive Downtime Maintenance* Dengan Metode *Age Replacement* Pada PT. XYZ. Vol.1, No.3.
- Inayah, Eka. 2020. Analisis Umur Mesin Dan Total Biaya Pada Mesin *Press* Menggunakan Metode *Life Cycle Cost* Di PT. XYZ. Vol.01, No.01.
- Maulana, Irham. 2019. Analisis Dampak Keandalan Sistem *Pulvizer* Terhadap Daya Yang Dihasilkan PLTU, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Jakarta, 1224-1233
- Noviansyah, Luky. 2020. Analisis Performance Mesin *Residual Oil Main Burner* Pada Unit PLTU $\frac{3}{4}$ Dengan Metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM) Pada PT. XYZ. *Juminten: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*. Vol.01, No.02, 12-23.
- Nugrahaningrum, Yessica. 2018. Proses Assesment Mesin Chinfong 160T Dengan Menggunakan Metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM) Pada Proses Produksi *Upper Bracket* 107976700 Di PT. Padma Soode Indonesia. Seminar dan Konferensi Nasional IDEC.
- Pamboedi, Fiddio. 2018. Perancangan Kebijakan Perawatan Mesin *Cutting* Pada Pabrik Pipa Dengan Menggunakan *Reliability, Availability, Maintainability* (RAM) *Analys* Dan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) *Method* (Case Study: PT. XYZ). Vol.5, No.2.
- Putri, Lestari. 2018. Penentuan Optimasi Umur Mesin Dan Jumlah *Maintenance Set Crew* Dengan Metode *Life Cycle Cost* (LCC) Dan *Reliability Availability Maintainability* (RAM) *Analysis* Pada Mesin *Filling* R125 Di PT Sanbe Farma. Vol.5, No.3.
- Rofi, Muhammad. 2018. Alat Mesin Pertanian. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Siswanto, Nurhadi. 2020. Analisis Availabilitas Perusahaan *Pythalic Anhydride* Berdasarkan Persediaan *Spare Part* dan Penyanga. *Teknoin*. Vol.26, No.01, 30-45.
- Sukendar, Irwan, 2020. Analisa Kebijakan Sistem Penggantian *Cutting Tool* Dengan Metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM) Dan *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) Di Area *Machining NR Crankshaft* Pada PT. MMN. Vol.15, No.01.
- Suwondo, Az Zaim. 2020. Penerapan Metode *Modularity Design* Pada Perawatan Mesin *Mixer* Secara *Preventife* Di PT XYZ. Vol.01, No.05.
- 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.
- Widana, I Ketut, 2020. Manajemen Perawatan dan Perbaikan Di Dunia Industri. Bandung: Panca Terra Firma.
- Yusra, Agung Firman. 2018. Analisis *Performance* Mesin *Weaving* Pada PT. ABC Menggunakan Metode *Reliability Availability Maintainability* (RAM) Dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *e-Proceeding of Engineering*. Vol.5, No.2, Page 2535.