

**PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PADA AREA
PROCESSING TEMBAKAU DENGAN MENGGUNAKAN METODE
RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE II DAN 5S
(Studi Kasus: Koperasi Karyawan *Redrying* Bojonegoro)**

Vicka Nurul Agustine¹, Yudi Syahrullah², Ayu Anggraeni Sibarani³

Program Studi Teknik Industri, Universitas Jenderal Soedirman

E-mail: vicka.agustine@mhs.unsoed.ac.id¹, yudi.syahrullah@unsoed.ac.id², ayu.anggraeni.sibarani@unsoed.ac.id³

ABSTRAK

Koperasi Karyawan *Redrying* Bojonegoro (KAREB) merupakan badan usaha bidang jasa yang melakukan *processing* tembakau yang mengalami permasalahan kegagalan mesin dan peralatan yang mengakibatkan *downtime* dan *delay*. Penjadwalan pemeliharaan mesin dan peralatan belum dilakukan secara optimal, sehingga menyebabkan *downtime* dan *delay* tidak terencana. Tujuan penelitian ini adalah melakukan penjadwalan *maintenance* pada mesin kritis dan memperbaiki habit kerja di KAREB. Metode yang digunakan yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II dengan melakukan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), perhitungan *Time to Failure* (TTF), *Time to Repair* (TTR) serta penerapan prinsip 5S. Hasil pengolahan data dengan FMEA menunjukkan mesin atau peralatan kritis *processing* tembakau adalah *conveyor* no.37, pisau *feeding* dan *airlock*. Perhitungan lebih lanjut menunjukkan interval *maintenance* pada *conveyor* no.37 sebesar 210 jam, pisau *feeding* sebesar 281 jam dan *airlock* sebesar 368 jam. Selain itu, di terapkan juga *tagging* pada mesin untuk dokumentasi *maintenance* dan menerapkan 5S untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan kerja.

Kata kunci: 5S; FMEA; Interval Maintenance; RCM II.

ABSTRACT

The Redrying Bojonegoro Employee Cooperative (KAREB) is a service business entity that performs tobacco processing which experiences problems with machine and equipment failures that result in downtime and delay. The machine and equipment maintenance schedule must be optimized, causing unplanned downtime and delays. This research aims to schedule maintenance on critical machines and improve work habits at KAREB. The method used is Reliability Centered Maintenance (RCM) II by conducting Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), calculating Time to Failure (TTF), Time to Repair (TTR), and applying the 5S principles. The data processing results with FMEA show that the critical tobacco processing machines or equipment are conveyor 37, feeding knives, and airlocks. In addition, tagging is also applied to devices for maintenance documentation and implementing 5S to increase work effectiveness and safety. Further calculations show that the maintenance interval for conveyor 37 is 210 hours, the feeding knife is 281 hours, and the airlock is 368 hours..

Keywords: 5S; FMEA; Maintenance Interval; RCM II.

PENDAHULUAN

Maintenance merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk menjaga suatu barang atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima [2]. Kegiatan perencanaan *maintenance* dilakukan untuk mengurangi terjadinya *breakdown* mesin, mengurangi kegagalan mesin atau peralatan sebelum waktunya dan meningkatkan waktu pemeliharaan pada akurasi yang lebih tinggi [3]. Apabila *maintenance* yang diterapkan masih menimbulkan tingkat *downtime* yang tinggi, maka strategi *maintenance* yang saat ini diterapkan perusahaan masih belum tepat, seperti halnya yang terjadi di Koperasi Karyawan *Redrying* Bojonegoro (KAREB). Terdapat berbagai macam jenis mesin maupun peralatan yang ada di KAREB untuk *processing* tembakau yang terkadang mengalami kegagalan saat beroperasi. Berdasarkan observasi awal pada unit usaha ini, *trouble* mesin atau peralatan pada area *processing* tembakau pada bulan Januari tahun 2019 sampai April 2021 menunjukkan jumlah frekuensi *breakdown* mesin sebanyak 744 kejadian.

Tidak hanya menggunakan data historis, penelitian juga melakukan observasi lapangan sehingga dapat mengetahui bentuk kegagalan yang terjadi dan cara para mekanik mengatasi kegagalan secara langsung. Diketahui bahwa KAREB menerapkan sistem *breakdown maintenance*, selain itu permesinan yang digunakan adalah mesin tua dan peralatan yang digunakan juga sederhana. Pekerja KAREB sering tidak menggunakan APD dan menerapkan *habits* kerja yang kurang baik meskipun telah merasakan dampak seperti tangan kapalan, menghirup aroma tembakau yang menyengat, mata sepat, area kotor maupun luka kecil.

Dengan melihat keadaan tersebut, maka penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode RCM II untuk menentukan strategi *maintenance* yang akan menjamin sistem keandalan dengan kondisi spesifik [6] dan menentukan interval *maintenance*. Kelebihan metode ini adalah dapat menghasilkan sistem *maintenance* terencana yang kuat dan efektif [4] dan dapat membuat alternatif *maintenance* berdasarkan kriteria opsional, ekonomis dan keamanan [9]. Penilaian resiko pada dilakukan dengan menerapkan metode FMEA dan mendapatkan nilai RPN untuk mempermudah penentuan mesin/peralatan kritis. Penetapan interval *maintenance* dilakukan dengan perhitungan statistik serta menggunakan distribusi data kegagalan dan perbaikan mesin/peralatan. Distribusi yang digunakan adalah distribusi *Eksponensial*, *Lognormal* dan *Weibull* [1] karena dapat menggambarkan umur mesin yang berkaitan dengan laju kerusakan yang tidak konstan [8]. 5S diterapkan untuk memperbaiki *habits* kerja KAREB dan mengurangi aktivitas pemborosan [12][7] secara *seiri* atau ringkas, *seiton* atau rapi, *seiso* atau resik, *seiketsu* atau rawat dan *shitsuke* atau rajin. 5S juga dapat berperan dalam menambah motivasi kerja, meningkatkan loyalitas, meningkatkan keselamatan kerja dan sebagai upaya dalam mengurangi limbah [10].

MATERI DAN METODE

Penelitian di mulai dengan menentukan perumusan masalah yang ada di KAREB, kemudian melakukan peninjauan penelitian baik menggunakan studi literatur, observasi lapangan maupun wawancara. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data, pengolahan data, menentukan mesin/peralatan kritis, analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) dan RCM II, menentukan distribusi data, menentukan interval *maintenance*, penerapan 5S, membuat analisis dan di akhiri dengan menarik kesimpulan dan saran.

Identifikasi Variabel

Variabel yang diamati dalam penelitian ini ada dua jenis, yaitu variabel terikat berupa interval waktu *maintenance* dan variabel bebas berupa waktu antar kerusakan, lama perbaikan, sebab dan akibat kegagalan.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dari lokasi penelitian di bedakan menjadi 2, yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif terdiri dari data fungsi mesin atau peralatan, data kegagalan, data penyebab kegagalan, data dampak kegagalan. Sedangkan data kuantitatif terdiri dari waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan. Selain data tersebut, data lain yang digunakan adalah data dari hasil studi literatur, wawancara dan data hasil pengamatan lapangan.

Pengolahan Data

Tahapan untuk mengolah data kualitatif, meliputi:

1. Menentukan mesin atau peralatan kritis, yaitu berdasarkan frekuensi kegagalan terbanyak, yang memiliki peran penting dalam *processing* tembakau dan *downtime* terlama.
2. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan langkah mengolah data kualitatif untuk menemukan kegagalan dalam proses manufaktur dan efek kegagalannya dalam proses produksi [5]. Penilaian *severity*, *occurrence* dan *detection* dilakukan untuk mendapatkan nilai RPN dengan persamaan (1).
$$RPN = severity (S) \times occurrence (O) \times detection (D) \quad (1)$$
3. RCM II *Decision Worksheet* digunakan untuk menggambarkan, memilih dan membuat alternatif pemeliharaan dan perawatan berdasarkan kriteria operasional, ekonomis dan keamanan sehingga dapat mengatasi *failure mode* yang terjadi [13].
4. 5S merupakan *tools* untuk mengurangi dan mengatasi pemborosan dan bermanfaat untuk mencegah terjadinya *domino effect*.

Tahapan untuk mengolah data kuantitatif, meliputi:

1. Penentuan Distribusi Data *Time to Failure* (TTF), Data *Uptime* dan *Time To Repair* (TTR) yaitu apakah berdistribusi *Ekspensial*, *Lognormal* atau *Weibull* pada setiap mesin/peralatan kritis.
2. *Goodness of Fit Test* data TTF dan TTR
3. Perhitungan Parameter
4. Perhitungan MTTF dan MTTR
5. Interval *Maintenance*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan mesin/peralatan kritis dilakukan dengan kriteria frekuensi kegagalan tertinggi dari kurun waktu tertentu; peran dan fungsi mesin/peralatan di *processing* tembakau; serta lamanya *downtime* yang terjadi saat terjadi kegagalan. Didapatkan 3 Mesin/peralatan kritis yaitu *conveyor no.37* pada area *Threshing II*, pisau *feeding* pada area *Feeding* dan *airlock* pada area *Threshing I*.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah mengetahui mesin/peralatan kritis, selanjutnya adalah melakukan analisis kegagalan. *Conveyor* no. 37 memiliki 2 jenis kegagalan yang dapat terjadi yaitu *conveyor* no. 37 putus dan penyekat sela *conveyor* no. 37 terbuka. Pada pisau *feeding*, memiliki 3 jenis kegagalan yaitu pisau *feeding slip*, pisau *feeding* tersumbat dan pisau *feeding* lepas. Sedangkan kegagalan yang terjadi pada *Airlock* adalah *Airlock* tersumbat.

Nilai RPN di dapat dengan mengidentifikasi *failure mode*, *cause of failure*, *failure effect*, *severity*, *occurance* dan *detection*. Analisa FMEA yang dapat dilihat pada Tabel 1 menunjukkan mesin/peralatan kritis dengan nilai RPN tertinggi terjadi pada *conveyor* no.37 putus sebesar 140, pisau *feeding* slip sebesar 140 dan *Airlock* tersumbat sebesar 162. Maka dari itu, perhitungan interval *maintenance* akan di lakukan pada mesin/peralatan dengan kondisi tersebut.

RCM II Decision Worksheet

Dalam RCM II *decision worksheet* terdapat informasi lebih detail yang memuat *failure mode*, *cause of failure*, *failure effect/consequence evaluation*, *proactive task*, *proposed task* dan *can be done by* [11]. Dari pertimbangan yang telah dilakukan baik berdasarkan hasil FMEA, tinjauan pustaka maupun *brainstroming*, maka dibuat RCM II *decision woeksheet* pada mesin/peralatan kritis pada *processing* tembakau yang ditampilkan dalam Tabel 2.

5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)

Berdasarkan kondisi yang ada di perusahaan, maka perlu dilakukan perhatian untuk penerapan 5S. Penerapan 5S ini dapat diterapkan saat melakukan kegiatan *maintenance* maupun aktivitas kerja lainnya. Selain itu, dalam penerapan 5S, terdapat usulan berupa 2 format tag dokumentasi yaitu *tag trouble machine* yang digunakan untuk mencatat kejadian kegagalan pada mesin atau peralatan dari awal sampai mesin dapat digunakan kembali serta mencatat tindakan perbaikan yang dilakukan (Gambar 1) dan *tagging checklist* digunakan untuk memeriksa kondisi mesin atau peralatan sebelum waktu interval *maintenance* (Gambar 2). Penerapan 5S yang dapat diterapkan di KAREB telah terangkum dalam Tabel 3.

Tag Trouble Machine				
Nama Mesin :				
Area :				
Hari, Tanggal	Nama Komponen	Waktu Kegagalan		Keterangan
		Start	Finish	

Gambar 1. Tag trouble machine

Tagging Checklist				
Nama Mesin :				
Area :				
Hari, Tanggal	Nama Komponen	Centang		Keterangan
		Baik	Ganti	

Gambar 2. Tagging checklist

Tabel 1. Hasil Analisis FMEA Mesin/peralatan Kritis

FMEA Worksheet		SYSTEM : PROCESSING TEMBAKAU WORKSTATION : THRESHING I, THRESHING II and FEEDING								
Workstation	Machine	Function	Failure mode	Failure Effect	Severity	Potential Cause of Failure	Occurrence	Current Control	Detection	RPN
THRESHING I	Airlock	Berfungsi untuk mencegah agar udara luar tidak bisa masuk sehingga proses pemisahan daun dan batang tembakau berjalan dengan baik.	Airlock tersumbat	Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya	6	Airlock tersumbat material	3	Pembersihan saat ganti <i>grade</i> atau pelanggan	9	162
				Upah pekerja terdampak karena hasil <i>processing</i> tembakau kurang dari target		Material masuk dalam jumlah yang besar				
				TOTAL						162
THRESHING II	Conveyor no. 37	Berfungsi untuk <i>transfer</i> tembakau pada pemrosesan selanjutnya	Conveyor no.37 putus	Conveyor berhenti	5	Ban <i>conveyor</i> putus	4	Mengawasi atau patroli di setiap area <i>processing</i> tembakau	7	140
				Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya		Aligator Joint Conveyor kotor				
THRESHING II	Conveyor no. 37	Berfungsi untuk <i>transfer</i> tembakau pada pemrosesan selanjutnya	Penyekat sela Conveyor no.37 terbuka	Material masuk dalam sela <i>conveyor</i>	2	Penyekat sudah tidak kaku lagi	1	Membersihkan penyekat dari tembakau	3	6
				Penyekat kotor		Penyekat sering terselip material				
				TOTAL						146
FEEDING	Pisau <i>feeding</i>	Berfungsi dalam perilaku awal memotong dan menghancurkan tembakau	Pisau <i>feeding</i> slip	Area <i>Conveyor feeding</i> berhenti	5	Kurang pelumas	4	Setting ulang setiap ganti <i>grade</i> atau pelanggan dan pengecekan akhir pekan	7	140
				Material tidak terurai dengan baik		Setting yang kurang pas atau longgar				
				Material menumpuk di <i>conveyor</i>						
				Pisau <i>feeding</i> berhenti		Material menumpuk dan menempel pada pisau				
				Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya		Jenis material yang beraneka ragam				
				Proses selanjutnya beroperasi tanpa mengolah material						

Tabel 1. Hasil Analisis FMEA Mesin/peralatan Kritis (Lanjutan)

FMEA Worksheet										
SISTEM : <i>PROCESSING</i> TEMBAKAU										
WORKSTATION : <i>THRESHING I, THRESHING II and FEEDING</i>										
<i>Workstation</i>	<i>Machine</i>	<i>Function</i>	<i>Failure mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>
<i>FEEDING</i>										
	Pisau <i>feeding</i>	Berfungsi dalam perilaku awal memotong dan menghancurkan tembakau	Pisau <i>feeding</i> lepas	Area <i>conveyor feeding</i> berhenti Proses selanjutnya beroperasi tanpa mengolah material Berpotensi merusak komponen mesin lain	5	Pengunci pisau lepas Setting pengunci kurang kencang	1	Pengecekan akhir pekan	8	40
			Pisau <i>feeding</i> tersumbat	Area <i>conveyor feeding</i> berhenti Proses selanjutnya beroperasi tanpa mengolah material	4	Material datang dalam jumlah besar dalam satu waktu	1	Meratakan material	7	28
TOTAL										208

Tabel 2. RCM II *Decision Worksheet*

RCM II <i>Decision Worksheet</i>				SYSTEM : <i>PROCESSING</i> TEMBAKAU WORKSTATION : <i>THRESHING I, THRESHING II and FEEDING</i>								
Machine	Function	Failure Mode	Cause of Failure	Failure Effect / Consequence Evaluation				Proactive Task			Proposed Task	Can be done by
				Hidden failure (H)	Safety (S)	Environmental (E)	Operational (O)	Scheduled Restoration Task	Scheduled Discard Task	Scheduled On Condition Task		
Airlock	Berfungsi untuk mencegah agar udara luar tidak bisa masuk sehingga proses pemisahan daun dan batang tembakau berjalan dengan baik.	Airlock tersumbat	Airlock tersumbat material (tembakau)	Upah pekerja terdampak karena hasil <i>processing</i> tembakau kurang dari target	-	Material tembakau berserakan di lantai <i>processing</i> .	Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya	√	-	-	Tindakan perbaikan dan/atau pengawasan berkala pada <i>airlock</i> setiap terjadi penumpukan material yang banyak	Mekanik
			Material masuk dalam jumlah yang besar dalam waktu yang bersamaan	-	-	Conveyor stasiun kerja <i>threshing I</i> berhenti						
Conveyor	Berfungsi untuk men-transfer tembakau pada pemrosesan selanjutnya	Conveyor no.37 putus	Aligator Joint Conveyor longgar	Upah pekerja terdampak karena hasil <i>processing</i> tembakau kurang dari target	-	Material tembakau berserakan di lantai <i>processing</i> .	Conveyor berhenti	-	√	-	Tindakan perbaikan berupa pembersihan dan/atau penggantian <i>aligator joint conveyor</i> pada saat <i>conveyor</i> putus	Mekanik
			Aligator Joint Conveyor kotor	-	-	Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya						
			Penyekat sela terbuka	Penyekat menjadi semakin elastis	-	Material tembakau berserakan dari sela conveyor di lantai <i>processing</i>	-	-	-	√	√	Tindakan pemeriksaan secara berkala dengan membersihkan sela conveyor apabila telah menggelembung dan mengganggu penyekat sela conveyor terlihat mengelinting atau sobek
	Berfungsi untuk men-transfer tembakau pada pemrosesan selanjutnya	Penyekat sela conveyor no.37 terbuka	Terdapat material yang masuk dalam penyekat Penyekat sudah elastis	-	-	-	-	-	-	-		

Tabel 2. RCM II *Decision Worksheet* (Lanjutan)

RCM II <i>Decision Worksheet</i>				SYSTEM : <i>PROCESSING</i> TEMBAKAU WORKSTATION : <i>THRESHING I, THRESHING II and FEEDING</i>								
Machine	Function	Failure Mode	Cause of Failure	Failure Effect / Consequence Evaluation				Proactive Task			Proposed Task	Can be done by
				Hidden failure (H)	Safety (S)	Environmental (E)	Operational (O)	Scheduled Restoration Task	Scheduled Discard Task	Scheduled On Condition Task		
Pisau <i>feeding</i>	Berfungsi dalam perilaku awal memotong dan menghancurkan tembakau	Pisau <i>feeding</i> lepas	Pengunci pisau lepas	Dapat merusak mesin maupun komponen lain	Dapat menimpa kaki pekerja	Material tembakau berserakan di lantai <i>processing</i>	<i>Processing</i> tembakau area <i>feeding</i> terhenti	-	-	√	Tindakan pemeriksaa n secara berkala pada pisau <i>feeder</i> , memperhatikan kondisi pisau <i>feeder</i> dan pembersihan secara menyeluruh	Mekanik
			Setting pengunci kurang kencang	<i>Reliability</i> mesin berkurang	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kurang pelumas	-	-	Material tembakau berserakan di lantai <i>processing</i> .	Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya	-	-	-	-	-	-
Pisau <i>feeding</i>	Berfungsi dalam perilaku awal memotong dan menghancurkan tembakau	Pisau <i>feeding</i> tersumbat	Setting yang kurang pas atau longgar	-	-	-	Proses selanjutnya beroperasi tanpa mengolah material	-	-	√	Tindakan pemeriksaa n secara berkala pada pisau <i>feeder</i> , pembersihan secara menyeluruh	Mekanik dan Pekerja produksi
			Material menumpuk dan menempel pada pisau	-	-	-	Pisau <i>feeding</i> berhenti	-	-	-	-	-
		Jenis material yang beraneka ragam	-	-	-	Area <i>Conveyor feeding</i> berhenti	-	-	-	-	-	-

Tabel 3. Penerapan 5S

Penerapan <i>Seiri</i> (Ringkas)	Penerapan <i>Seiton</i> (Rapi)	Penerapan <i>Seiso</i> (Resik)	Penerapan <i>Seiketsu</i> (Rawat)	Penerapan <i>Shitsuke</i> (Rajin)
Menentukan barang yang paling sering digunakan, mungkin akan digunakan dan barang yang sudah tidak digunakan kembali	Menggunakan alat semestinya untuk proses kerja dan tidak menggunakan alat pengganti Menyimpan kembali peralatan yang telah selesai digunakan.	Menyediakan alat kebersihan yang layak pakai Melakukan pembersihan dengan menggunakan mesin pembersih hisap agar lebih optimal	Melakukan pemeriksaan sesuai interval waktu yang ditentukan Melakukan inspeksi setiap saat Membuat perancangan tagging <i>check list</i> pada setiap mesin <i>processing</i> tembakau untuk pencatatan kondisi mesin atau komponen	Memastikan ketersediaan alat penunjang kerja seperti APD bagi pekerja, alat kebersihan, atau sarana penunjang <i>processing</i> lainnya Pekerja selalu menggunakan APD saat proses <i>feeding</i> tembakau (Proses <i>feeding</i> dilakukan tenaga manusia) Melakukan proses <i>maintenance</i> pada waktunya (bukan saat <i>processing</i> tembakau berlangsung)
Menempatkan barang yang sering digunakan di dekat area kerja dan mudah dijangkau	Menggunakan catatan berupa tag yang diletakkan pada mesin untuk memudahkan dalam pendokumentasian riwayat kegagalan mesin terkait.	Pembersihan mesin atau komponen dilakukan sampai ke sela-sela mesin	Menggunakan peralatan sesuai fungsinya Melatih pekerja untuk mengetahui seluk-beluk area <i>processing</i> tembakau, seperti tempat alat, tombol kontrol mesin dan menaati aturan yang ada di KAREB	Membuat papan informasi atau imbauan mengenai keselamatan kerja dan penerapan 5S

Pendugaan Distribusi Data

Pendugaan awal distribusi dari data TTF/*uptime* dan TTR *conveyor* no.37, pisau *feeding* dan *airlock* dilakukan dengan perhitungan *least square curve fitting* untuk mendapat nilai *index of fit*. Hasil perhitungan menunjukkan seluruh data TTF/*uptime* diduga berdistribusi *Weibull*, sedangkan seluruh data TTR diduga berdistribusi lognormal. Persamaan yang digunakan antara lain :

$$x_i = \ln t_i \tag{2}$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \tag{3}$$

$$y_i = \ln \left[-\ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] \right] \tag{4}$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \tag{5}$$

Tabel 4. Pegolahan data *index of fit uptime*

<i>i</i>	<i>t_i</i>	$\ln t_i = x_i$	<i>F(t_i)</i>	<i>y_i</i>	<i>x_iy_i</i>	<i>x_i²</i>	<i>y_i²</i>
1	0,497	-0,699	0,033	-3,403	2,380	0,489	11,584
2	7,747	2,047	0,079	-2,492	-5,101	4,191	6,208
3	12,163	2,498	0,126	-2,003	-5,005	6,242	4,014
...
21	4251,417	8,355	0,967	1,230	10,274	69,806	1,512
TOTAL	23228,107	115,753	10,500	-11,458	-7,667	751,757	33,870
<i>Index of fit</i>						0,99	

Uji Kesesuaian Distribusi (*Goodness of fit*)

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan memperkuat pendugaan distribusi pada data TTF/*uptime* dan TTR. Pengujian kesesuaian distribusi pada data TTF/*uptime* yang diduga berdistribusi *Weibull* dilakukan dengan menggunakan uji Mann's test.

H₀ : Data *uptime conveyor* no.37 pada stasiun kerja *threshing* II berdistribusi *Weibull*

H₁ : Data *uptime conveyor* no.37 pada stasiun kerja *threshing* II tidak berdistribusi *Weibull*

Penentuan Nilai α (taraf nyata) dan F_{tabel} :

$$\alpha = 0,05$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{21}{2} = 10,5 \quad V_1 = (2)(10,5) = 21$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{20}{2} = 10 \quad V_2 = (2)(10) = 20$$

$$F_{\text{tabel}} = F_{0,05,21,20} = 2,112$$

Persamaan yang digunakan untuk melakukan uji *goodness of fit* pada distribusi *weibull* antara lain:

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{i+0,25} \right) \right] \tag{6}$$

$$M_i = Z_i - Z_{i-1} \tag{7}$$

$$F_{\text{hitung}} = \ln \left[-\ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] \right] \tag{8}$$

Tabel 5. Pengolahan data uji *goodness of fit* distribusi *Weibull*

<i>i</i>	<i>t_i</i>	$\ln(t_i)$	<i>Z_i</i>	<i>M_i</i>	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
1	0,497	-0,699	-3,738	1,123	2,746
2	7,747	2,047	-2,615	0,536	0,451

i	t_i	$\ln(t_i)$	Z_i	M_i	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
3	12,163	2,498	-2,078	0,363	1,316
...
21	4251,417	8,355	1,207

Setelah mendapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 5, maka dapat diketahui nilai F_{hitung} dengan persamaan (11) yaitu:

$$F_{hitung} = \frac{(10,5)(16,320)}{(10)(20,793)} = 0,824 \text{ (H}_0 \text{ diterima)}$$

Pengujian kesesuaian distribusi pada data TTR yang diduga berdistribusi lognormal dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

H_0 : Data TTR *conveyor* no.37 pada stasiun kerja *threshing* II berdistribusi lognormal

H_1 : Data TTR *conveyor* no.37 pada stasiun kerja *threshing* II tidak berdistribusi lognormal

Penentuan Nilai α (taraf nyata) dan D_{tabel} :

$$\alpha = 0,05$$

$$D_{tabel} = F_{0,05,22} = 0,281$$

Persamaan yang digunakan untuk melakukan uji *goodness of fit* pada distribusi lognormal anrata lain:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \tag{9}$$

$$Z_i = \left[\frac{t_i - \bar{t}}{S} \right] \tag{10}$$

$$D_1 = \Phi(Z_i) - \left(\frac{i-1}{n} \right) \tag{11}$$

$$D_2 = \frac{i}{n} - \Phi(Z_i) \tag{12}$$

$$D_n = \max\{D_1, D_2\} \tag{13}$$

$\Phi(Z_i)$ = Nilai tabel *standardized normal probabilities* (Z_i)

Tabel 6. Pengolahan data uji *goodness of fit* distribusi lognormal

i	t_i	$\ln(t_i)$	$t_i - \bar{t}$	$\frac{(t_i - \bar{t})^2}{\bar{t}^2}$	$(i-1)/n$	i/n	Z_i	ΦZ_i	$D1(i)$	$D2(i)$
1	0,25	-1,386	-0,51	0,262	0	0,046	-1,35	0,089	0,089	-0,043
2	0,33	-1,099	-0,43	0,183	0,045	0,091	-1,13	0,129	0,084	-0,038
3	0,33	-1,099	-0,43	0,183	0,091	0,136	-1,13	0,129	0,038	0,007
...
22	1,67	0,511	0,91	0,820	0,955	1	2,39	0,992	0,037	0,008

Setelah mendapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 5, maka dapat diketahui nilai D_{hitung} dengan persamaan (11) yaitu:

$$D_{hitung} = \max \{D_1, D_2\} = 0,152 \text{ (H}_0 \text{ diterima)}$$

Perhitungan Parameter

Setelah melakukan uji *goodness of fit*, perhitungan selanjutnya adalah perhitungan parameter. Perhitungan parameter untuk data TTF/*uptime* berdistribusi *Weibull* yaitu menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Gradien } b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \tag{14}$$

$$A = \bar{y} - b \bar{x} \tag{15}$$

$$\alpha = b \tag{16}$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \tag{17}$$

Tabel 7. Parameter distribusi *weibull*

<i>i</i>	<i>t_i</i>	<i>x_i</i>	<i>F(t_i)</i>	<i>y_i</i>	<i>x_iy_i</i>	<i>x_i²</i>	<i>y_i²</i>
1	0,497	-0,699	0,033	-3,403	2,380	0,489	11,584
2	7,747	2,047	0,079	-2,492	-5,101	4,191	6,208
3	12,163	2,498	0,126	-2,003	-5,005	6,242	4,014
..
21	4251,417	8,355	0,967	1,230	10,274	69,806	1,512
TOTAL		115,7534	10,5	-	-7,66696	751,7569	33,86982

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai $\alpha = 0,488$ dan nilai $\beta = 757,6356$.

Perhitungan parameter untuk data TTR berdistribusi lognormal hampir sama dengan perhitungan pada distribusi *weibull*, yaitu nilai gradien *b* menggunakan persamaan (14) dan nilai *a* menggunakan persamaan (15). Untuk menghitung parameter, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$s = \frac{1}{b} \tag{18}$$

$$t_{med} = e^{-sa} \tag{19}$$

Tabel 8. Parameter distribusi lognormal

<i>i</i>	<i>t_i</i>	<i>x_i</i>	<i>F(t_i)</i>	<i>y_i</i>	<i>x_iy_i</i>	<i>x_i²</i>	<i>y_i²</i>
1	0,25	-1,386	0,031	-3,450	4,782	1,922	11,902
2	0,33	-1,099	0,076	-2,539	2,790	1,207	6,448
3	0,33	-1,099	0,121	-2,052	2,255	1,207	4,212
..
22	1,67	0,511	0,969	1,243	0,635	0,261	1,545
TOTAL		-8,658	11	-12,028	17,130	8,937	35,726

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai $s = 0,446$ dan nilai $t_{med} = 0,861$

Perhitungan MTTF/MTBF dan MTTR/MTBR

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) atau *Mean Time Between Failure* (MTBF) dengan persamaan berikut:

$$\text{MTTF} = \beta \Gamma \left(\frac{1}{\alpha} + 1 \right) \tag{20}$$

Sedangkan untuk melakukan perhitungan *Mean Time Between Replacement* (MTBR) atau *Mean Time to Repair* (MTTR) dilakukan dengan persamaan berikut:

$$MTBR = t_{med} \times e^{s^2/2} \tag{21}$$

Nilai MTTF dan MTBR dari *conveyor* no.37 masing-masing 1586,519 Jam dan 0,951 Jam.

Perhitungan Reliability

Perhitungan *reliability* atau keandalan perlu dilakukan untuk mengetahui probabilitas mesin dalam melakukan fungsinya. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$R(t) = \exp\left(-\frac{t}{\beta}\right)^\alpha \tag{27}$$

Nilai Reliability dari *conveyor* no.37 adalah 0,238.

Perhitungan Interval Perawatan

Penentuan interval perawatan (t) berdasarkan waktu produksi yang dimiliki perusahaan. Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai interval perawatan adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTBR}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}} \tag{28}$$

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{Rata-rata satu kali penggantian}}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}} \tag{29}$$

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan}}{28}$$

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} \tag{30}$$

$$t = \frac{\text{Rata-rata kerja per bulan}}{n} \tag{31}$$

Interval *maintenance* dari *conveyor* no.37 adalah 210,5375 Jam

Hasil Rekapitulasi

Rekapitulasi pengolahan data kuantitatif pada *conveyor* no.37, pisau *feeding* dan *airlock* dapat diligat pada Tabel 9 dengan interval perawatan untuk *conveyor* no.37 dilakukan setelah *conveyor* beroperasi selama 210 jam. Sementara pisau *feeding* dapat diganti setelah digunakan selama 281 jam, dan *Airlock* diganti setelah mencapai umur 368 jam. Interval waktu tersebut merupakan waktu maksimum peralatan atau mesin beroperasi, artinya peralatan atau mesin tersebut harus sudah diganti sebelum mencapai interval waktu tersebut agar mesin tidak mengalami *down time* yang dapat menyebabkan terjadinya *delay*.

Tabel 9. Rakapitulasi Perhitungan pengolahan Data

Nama Mesin/peralatan	Jenis Kegagalan	Ket. (TF/Uptime/TR)	Distribusi	Parameter		MTTF/MTBF/MTBR/MTTR (Jam)	R(t)	Interval Perawatan (Jam)
				α atau s	β atau tmed			
<i>Conveyor</i> no.37		<i>Uptime</i>	<i>Weibull</i>	0,488	757,6356	1586,519		

	<i>Conveyor no.37</i>	TR	Lognormal	0,446 1	0,861	0,951	0,2 38	210,537 5
Pisau <i>feeding</i>	Pisau <i>Feeding</i>	TF	Weibull	0,564	993,555	1628,591	0,2	281,196
		TR	Lognormal	0,394 2	0,4848	0,524	67	2
<i>Airlock</i>	<i>Airlock</i>	TF	Weibull	0,493	430,043	883,1905	0,2	368,082
		TR	Lognormal	0,565 3	0,6948	0,815	40	2

KESIMPULAN

Berdasarkan kriteria dan nilai RPN, mesin atau peralatan kritis terdapat pada stasiun kerja *threshing* II (*conveyor no.37*), stasiun kerja *feeding* (pisau *feeding*), dan stasiun kerja *threshing* I (*airlock*). Sementara berdasarkan perhitungan dan pengujian distribusi terhadap data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to repair* (TTR) didapatkan bahwa seluruh data TTF berdistribusi *Weibull* dan seluruh data TTR berdistribusi *Lognormal*.

Hasil analisis *Reliability Centered Maintenance II*, kegiatan perawatan yang dilakukan pada *conveyor no.37* adalah *scheduled discard task*, pada pisau *feeding* adalah *Scheduled On Condition Task*, dan pada *airlock* adalah *Scheduled Restoration Task*. Interval perawatan optimal yang direkomendasikan untuk *conveyor no.37* dilakukan setiap 210,5 jam, pada pisau *feeding* dilakukan setiap 281,2 jam, sedangkan pada *airlock* dilakukan setiap 368,1 jam, jika dalam *processing* tembakau tidak mengalami pergantian grade atau pergantian pelanggan. Penerapan 5S yang direkomendasikan berupaya untuk mengurangi aktivitas pemborosan berupa aktivitas berlebih dan pendokumentasian data kerusakan mesin agar lebih efektif dan efisien.

Usulan perbaikan yang diberikan agar perusahaan dapat mengaplikasikan rekomendasi *maintenance* dengan dari penelitian yang telah dilakukan ini. Selain memperhatikan aspek *maintenance*, perusahaan juga perlu memperhatikan lingkungan kerja dalam segi keamanan dan keselamatan kerja serta pengurangan aktivitas pemborosan. Perusahaan menerapkan 5S serta pendokumentasian data kerusakan pada penelitian ini agar seluruh kejadian kegagalan mesin dapat terdokumentasi dengan akurat dan detail.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Budiarti. (2006). Bab 2 landasan teori. *Jurnal Aplikasi dan Analisis Literatur Fasilkom UI*, pp.4-25.
- A.S. Corder. (1996). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Erlangga: Jakarta.
- B. Suthep dan T. Kullawong. (2015). *Combining Reliability-Centered Maintenance With Planning Methodology And Applications In Hard Chrome Plating Plants*. *International Journal of Technology*, vol. 3, pp. 442-451.
- Fathurohman & Triyono. (2020). *Reliability Centered Maintenance: The Implementation In Preventive Maintenance (Case Study In An Expedition Company)*. *Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis*, vol.1, no.2, pp. 197-212.
- G. Gupta. (2016). *An Application of Reliability Centered Maintenance Using RPN Mean and Range on Conventional Lathe Machine*, *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, vol. 23, no. 6, pp. 1-10.

- H. Wibowo, A. Sidiq dan Ariyanto. (2017). Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* Pada Perusahaan Karet. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 6, no.2, pp.79-87.
- Nursanti dan F. Musfiroh. (2017). Penerapan *Lean Warehouse* Pada Gudang Produk Jadi CV. Bumi Makmur, Karang Tengah, Wonogiri Untuk Meminimasi Pemborosan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol.5, no.2, pp.129-138.
- I.R. Bangun. (2014). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II* pada Mesin *Blowing Om* (Studi Kasus: PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang),” Skripsi, Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya, Malang.
- J. Smith David. (2011). *Reliability Maintenance and Risk Eight Edition*”. USA: Elsevier Ltd.
- R.A. Al-Aomar. (2011). *Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement*. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 59.
- R. Simbolon, D. Simbolon dan P.J.Ginting. (2020). Perancangan Interval Perawatan Mesin secara *Preventive Maintenance* dengan Metode *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)*. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, vol.1, no. 3, pp. 210-221.
- V. Gaspersz dan A. Fontana. (2011). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Vinchristo Publication: Bogor.
- Ramadhan, Muhammad AZ. (2018). Penentuan Interval Waktu *Preventive Maintenance* pada *Nail Making Machine* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*. *Skripsi*, Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammdiyah, Sidoharjo.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)