

EVALUASI MANAJEMEN PERAWATAN DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II* PADA MESIN *BLOWING I* DI PLANT I PT. PISMA PUTRA TEXTILE

Diana Puspita Sari^{*)}, Mukhammad Faizal Ridho

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

(Received: March 23, 2016 / Accepted: June 24, 2016)

Abstrak

PT. Pisma Putra Textile adalah perusahaan yang bergerak di bidang pemintalan benang yang memiliki berbagai macam mesin produksi yang cukup sering mengalami kerusakan ketika digunakan pada proses produksi. Oleh karena itu, dibutuhkan kebijakan perawatan optimal yang dapat mengurangi frekuensi kerusakan dan menurunkan biaya perawatan mesin. Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*. Penelitian difokuskan pada mesin *Blowing I*, karena memiliki downtime tertinggi. Berdasarkan frekuensi kerusakan mesin komponen yang paling sering rusak yaitu *flat belt* dan *apron berpaku*. Perawatan yang diperlukan dilakukan pada permukaan *belt* bergelombang, *belt* putus, kayu *apron* patah, dan paku-paku *apron* patah dengan *scheduled discard task* dengan interval perawatan dan Total Cost optimal berurutan yaitu 580 jam dengan TC Rp. 14661546,36, 465 jam dengan TC Rp 18350303,77, 490 jam dengan TC Rp 18966057,60, dan 450 jam dengan TC Rp 13419317,27. Sedangkan perawatan untuk kerusakan karet kendor adalah *scheduled restoration task* dengan interval perawatan 340 jam dan TC Rp 16338431,41. Total penurunan biaya keseluruhan sebesar Rp 21.587.975,45 atau 20,89% dari biaya perawatan perusahaan.

Kata Kunci : *downtime; corrective maintenance; RCM II; FMEA*

Abstract

PT. Pisma Putra Textile is a yarn spinning company which have various production machines which often breakdown on production process. So, the company should have optimum maintenance policy which could reduce breakdown frequency and maintenance cost. The methods which applied in this research is Reliability Centered Maintenance (RCM). Based on data which was given, it shows that Blowing I Machine have the highest downtime so the research focuses on Blowing I Machine. Based on data which was given, it shows that Blowing I Machine have the highest downtime so the research focuses on Blowing I Machine. Based on machine's breakdown frequency and total downtime, the results shows that the critical components on Blowing I Machine are flat belt and Apron berpaku component. Based on maintenance interval analysis and optimum total cost shows that maintenance for bumpy flat belt surface, flat belt cut-off, spike lattice wood cut-off, spike lattice cut-off with scheduled discard task is 580 hours and Rp 14.661.546,36 ; 465 hours and Rp. 18.350.303,77 ; 490 hours and Rp. 18.966.057,6 ; 450 hours and Rp. 13.419.317,27 respectively. Then, maintenance interval analysis and optimum total cost for flat belt looses with scheduled restoration task is 340 hours and Rp. 16.338.431,41. So, there's a reduction cost Rp. 21.587.975,45 or 20,89% lower than the company's maintenance cost.

Keywords: *downtime; corrective maintenance; RCM II; FMEA*

Pendahuluan

Dalam era persaingan global seperti saat ini, perusahaan dituntut untuk meningkatkan produktivitas dalam perusahaannya agar tetap bersaing dengan

perusahaan lainnya. Khusus pada perusahaan di bidang manufaktur, peningkatan produktivitas pada sistem produksi merupakan hal mutlak yang harus dilakukan. Salah satu indikator dalam peningkatan produktivitas tersebut adalah tingkat reliabilitas dari mesin-mesin produksi pada perusahaan. Dalam mengukur seberapa baik reliabilitas suatu mesin produksi maka diperlukan proses pemeliharaan

^{*)} Penulis Korespondensi.
email: diana_psptsr@yahoo.com

(*maintenance*) yang efektif dan efisien bagi perusahaan. Kegiatan pemeliharaan fasilitas pabrik serta pembetulan, pengaturan atau penggantian yang dibutuhkan agar aktivitas produksi sesuai dengan yang dijadwalkan adalah suatu bentuk perawatan (Assauri, 1993). Perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima (Corder, 1992).

PT. Pisma Putra Textile adalah perusahaan yang memproduksi berbagai jenis benang. Permasalahan yang sering terjadi di Plant 1 Pisma Putra Textile adalah mesin-mesin yang sering rusak yang disebabkan usia mesin sudah cukup tua. Kondisi mesin tua menyebabkan tingginya downtime masing-masing mesin. Perusahaan pun telah melaksanakan perawatan mesin secara preventif secara rutin. Namun kerusakan masih saja sering terjadi ketika mesin sedang digunakan dalam proses produksi.

Di Plant 1 Pisma Putra Textile memiliki beberapa mesin produksi pembuatan benang, seperti mesin *Blowing, Carding, Drawing, Roving, Spinning, Mach Coner, Doubling, dan TFO*. Dari data yang didapatkan tahun Januari 2014–Juli 2015 downtime tertinggi berada pada mesin *Blowing 1* dengan downtime sebesar 1506,4 jam. Oleh karena itu, proses penelitian difokuskan pada mesin *Blowing 1*.

Berdasarkan hasil observasi yang telah didapatkan maka diperlukan perencanaan kebijakan perawatan yang optimal dengan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*. RCM II sendiri adalah metode terintegrasi analisis kuantitatif dan kualitatif pada penentuan perencanaan perawatan mesin dimana RCM II memiliki keuntungan dalam penentuan rencana perawatan yang difokuskan pada mesin-mesin kritis serta menghindari aktivitas perawatan yang tidak diperlukan (Moubray, 1997)

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor dan dampak kegagalan, menetapkan aktivitas dan interval perawatan sesuai RCM II *Decision Worksheet*, dan menghitung biaya *maintenance* yang optimal dan penurunan biaya keseluruhannya.

Metode Penelitian

Tahapan penelitian menunjukkan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar. 1.

Gambar 1 merupakan alur penelitian yang dilakukan. Penelitian dimulai dengan merumuskan permasalahan yang ada, melakukan peninjauan penelitian baik studi lapangan maupun literatur, mengidentifikasi variabel yang digunakan, melakukan pengumpulan data, menentukan komponen kritis, analisa *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)* dan RCM II, menentukan distribusi waktu kerusakan dan perbaikan, menentukan interval perawatan, menentukan biaya perawatan, lalu membuat analisis dan kesimpulan.

Identifikasi Variabel

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel terikat yaitu yaitu interval perawatan
2. Variabel bebas yaitu waktu antar kerusakan, waktu lama perbaikan, penyebab, dampak dan biaya kegagalan

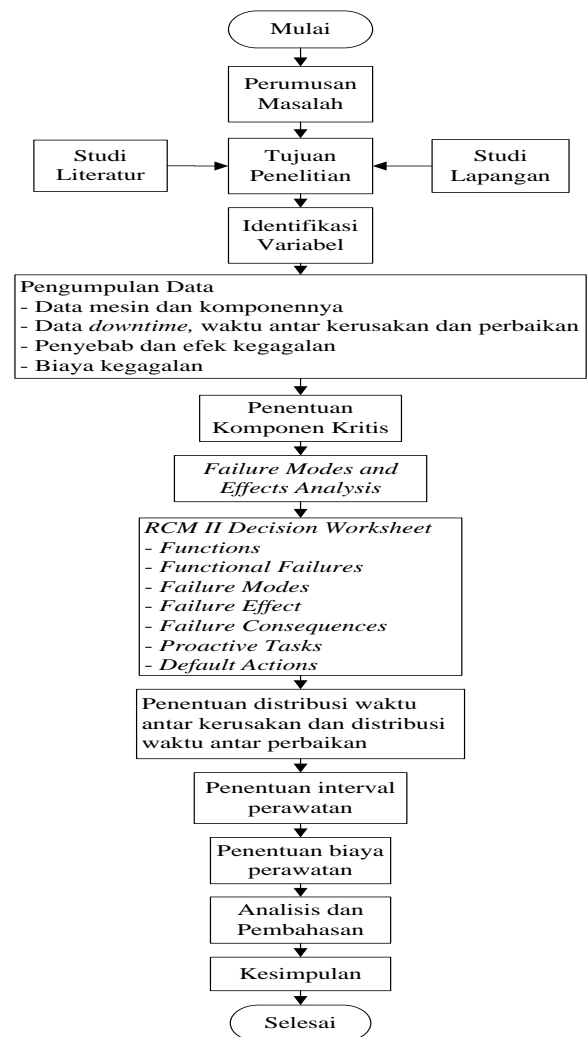
Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan melalui:

1. Studi literatur.
2. Studi lapangan

Data yang dibutuhkan dalam penelitian meliputi:

1. Data mesin dan komponennya.
2. Data *downtime*, waktu antar kerusakan dan perbaikan.
3. Data penyebab kegagalan beserta efek yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan.
4. Biaya kegagalan, meliputi harga komponen, ongkos tenaga kerja, biaya kerugian mesin akibat kerusakan dan biaya keuntungan yang hilang akibat perbaikan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pengolahan Data

Tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data, meliputi :

1. Penentuan komponen kritis pada mesin *Blowing*
Penentuan komponen kritis menggunakan diagram pareto berdasarkan pada data *downtime* dengan frekuensi terbesar
2. *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA)
FMEA disusun berdasarkan fungsi komponen dan laporan *maintenance* yang kemudian dapat ditentukan berbagai penyebab kegagalan yang menimbulkan kegagalan fungsi serta dampak yang diakibatkan dari kegagalan fungsi tersebut (Pranoto dkk, 2013). Penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Rumus perhitungan *risk priority number* (RPN) sebagai berikut (Stamatis, 2003) :
RPN = S x O x D.....(1)
3. RCM II *Decision Worksheet*
Reliability Centered Maintenance adalah sebuah proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa semua aset fisik terus melakukan apa yang user ingin dilakukan dalam kondisi operasinya saat ini (Moubray, 1997).
RCM II *Decision Worksheet* berisi tentang:
 - a. *Information Reference* : F (*functions*) fungsi komponen yang dianalisa, FF (*failure function*) yaitu kegagalan fungsi dan FM (*failure mode*) yaitu penyebab kegagalan fungsi.
 - b. *Consequences evaluation* : H (*Hidden failure*), S (*Safety*), E (*Environmental*) dan O (*Operational*)
 - c. *Proactive Task* : H1/S1/O1/N1, H2/S2/O2/N2, dan H3/S3/O3/N3 menuliskan apakah *on condition task* bisa mengurangi kemungkinan *failure mode*, *scheduled restoration task* bisa untuk mencegah *failure* dan *scheduled discard task* bisa mencegah *failure*.
 - d. *Default Action* yang meliputi H4/H5/S4.
 - e. *Proposed Task* : langkah penanganan yang dianjurkan, yaitu *scheduled restoration task*, *scheduled discard task* dan *scheduled on condition task*.
 - f. *Initial Interval* : interval perawatan optimal komponen
 - g. *Can be done by* : menerangkan siapa yang dapat menyelesaikannya
4. Penentuan Distribusi Data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)
Proses penentuan distribusi untuk data TTF dan TTR masing-masing komponen kritis adalah dengan membuat hipotesa apakah data kerusakan mengikuti distribusi Weibull dimana distribusi tersebut berkaitan dengan laju kerusakan.
5. Uji Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan
Goodness of fit terhadap data TTF dan TTR yang diperoleh digunakan untuk meyakinkan apakah pola distribusi data yang diduga sudah sesuai dengan pola distribusi tertentu untuk diolah lebih

lanjut guna memperoleh parameter dari masing-masing komponen. (Iriani dan Rahmadi, 2011) :

- a. Menentukan hipotesis :
H₀ : Data kerusakan berdistribusi weibull 2 parameter
H₁ : Data kerusakan tidak berdistribusi weibull 2 parameter
 - b. Hitung selang waktu antar kerusakan (ti)
 - c. Tentukan nilai α (tingkat kesalahan), n (banyaknya data pengamatan), dan r (banyaknya data pengamatan yang tidak tersensor)

$$F(t_i) = \frac{i+0,3}{n+0,4} \dots\dots\dots(2)$$

$$x_i = \ln(t_i) \dots\dots\dots(3)$$

$$y_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(t_i)}\right)\right) \dots\dots\dots(4)$$
 - d. Menghitung nilai k1 dan k2 dengan menggunakan rumus :

$$k1 = \frac{r}{2} \dots\dots\dots(5)$$

$$k2 = \frac{r-1}{2} \dots\dots\dots(6)$$
 - e. Menghitung nilai Zi masing-masing dengan menggunakan rumus:

$$Z_i = \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25}\right)\right] \dots\dots\dots(7)$$
 - f. Menghitung nilai Mann (Mi) masing-masing dengan menggunakan rumus:

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \dots\dots\dots(8)$$
 - g. Menghitung nilai Mann (M) dengan menggunakan rumus :

$$F_{hitung} = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi}}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi}} \dots\dots\dots(9)$$
 - h. Membandingkan nilai M dengan nilai F tabel disesuaikan dengan derajat kebebasan. apabila nilai $M < F_{\alpha, v_1, v_2}$ maka Ho diterima.
 6. Penentuan Parameter Sesuai Distribusi
Perhitungan parameter untuk *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) yang berdistribusi *Weibull* ini dilakukan dengan menggunakan rumus (Rinne, 2009) :

$$a = \bar{y} - b\bar{X} \dots\dots\dots(10)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \dots\dots\dots(11)$$
- Perhitungan nilai parameter α dan β adalah sebagai berikut (Desvina dan Erdini, 2012) :
- $$\alpha = b \dots\dots\dots(12) \quad \beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \dots\dots\dots(13)$$
- Keterangan :
 a = intercept α = Parameter bentuk
 b = slope β = Parameter skala
7. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR)
Perhitungan MTTF dan MTTR dengan menggunakan parameter untuk masing-masing komponen. MTTF merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan dan MTTR merupakan waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan. Jika *time to failure* dan *time to repair* dari suatu komponen adalah T mengikuti distribusi

Weibull dengan parameter α dan β dan α dan β Mean Time To Failure dari distribusi Weibull (Ebeling, 1997) :

$$MTTF = \beta \Gamma \left(\frac{1}{\alpha} + 1 \right) \dots\dots\dots(14)$$

Mean Time To Failure dari distribusi Weibull:

$$MTTR = \beta \Gamma \left(\frac{1}{\alpha} + 1 \right) \dots\dots\dots(15)$$

8. Penentuan Biaya perawatan

Preventive cost (CM) merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang memang sudah dijadwalkan (Soesetyo dan Bendatu, 2014). Sedangkan failure cost (CF) merupakan biaya yang timbul karena terjadi kerusakan diluar perkiraan yang menyebabkan mesin produksi berhenti pada saat produksi sedang berjalan (Soesetyo, 2014).

o CM = (Biaya komponen + (Biaya tenaga teknis+Biaya kerugian produksi) x Tp.....(16)

o CF = (Biaya komponen + (Biaya tenaga teknis + Biaya kerugian produksi) x Tf...(17)

Keterangan :

Tf : Waktu standar perbaikan failure

Tp :Waktu standar perbaikan preventive

Kemudian menghitung total biaya perawatan optimum

a. Perhitungan probabilitas rusak

$$P(TTF \leq TM) = \int_0^{TM} f(t) dt$$

$$= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha} \right] dt \dots\dots\dots(18)$$

b. Probabilitas Masih Baik

$$P(TTF > TM) = \int_{TM}^{\infty} f(t) dt$$

$$= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha} \right] dt \dots\dots\dots(19)$$

c. Perhitungan TC

$$TC = (P(TTF \leq TM) CF) + (P(TTF > TM) CM) \frac{365}{TM} \dots\dots\dots(20)$$

Total biaya perawatan optimal juga dapat menentukan interval perawatan optimal yang dilihat dari biaya perawatan terkecil.

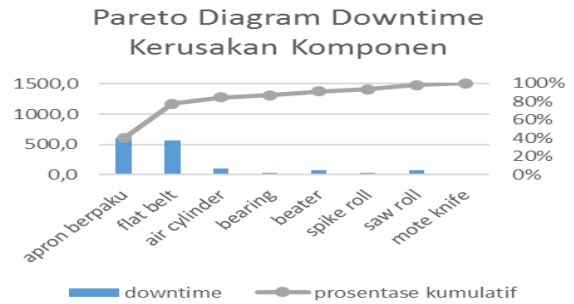
Hasil dan Pembahasan

Penentuan komponen kritis

Gambar 2 merupakan grafik pareto diagram dari waktu downtime komponen mesin *Blowing*. Hasil pengolahan data diketahui bahwa downtime paling besar terdapat pada komponen *apron* berpaku dan *flat belt* yang mempengaruhi kerusakan total 78%. Sehingga komponen yang akan diamati adalah *apron* berpaku dan *flat belt* dengan downtime rata-rata masing-masing komponen yaitu 601,6 dan 571,1.

FMEA

Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi pada setiap failure atau kegagalan yang terjadi pada komponen *flat belt* dan *apron* berpaku, maka dilakukan analisis dengan menggunakan metode FMEA. Hasil analisis FMEA komponen kritis mesin *Blowing* 1 dapat dijelaskan pada Lampiran 1



Gambar 2. Downtime komponen mesin

RCM II Decision Worksheet

Dengan menggunakan RCM II *decision worksheet* didapatkan bahwa tindakan yang perlu dilakukan untuk penanganan kerusakan tersebut melalui *scheduled restoration task* dimana perlu melakukan perawatan dan menghilangkan hambatan-hambatan mesin untuk beroperasi serta melalui *scheduled discard task* dimana perawatan memerlukan penggantian komponen yang mengalami kerusakan. Tabel 7 menunjukkan kegiatan perawatan yang disarankan dan interval perawatan yang optimal.

Goodness of Fit Data Test TTF dan TTR

Dilakukan uji *goodness of fit* dengan menggunakan uji *Mann* guna mengetahui apakah data berdistribusi weibull. Dengan menggunakan persamaan (2) hingga (4) dapat dicari nilai untuk menghitung *goodness of fit*. Hasil dari perhitungan $F(t_i)$, x_i dan y_i dapat dilihat di tabel 1 dan tabel 2. Dengan menggunakan persamaan (5) hingga (9) didapatkan nilai F_{hitung} yang hasilnya terdapat pada tabel 1 dan 2. Hasil pengujian *Uji Mann* untuk data TTF menunjukkan $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima, yaitu data TTF kerusakan komponen berdistribusi *Weibull*.

Perhitungan parameter TTF dan TTR

Perhitungan parameter untuk *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) kerusakan komponen yang berdistribusi *Weibull* ini dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (10) sampai (13) dan hasilnya dapat dilihat di tabel 3.

Perhitungan MTTF dan MTTR

Karena data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) kerusakan berdistribusi *Weibull*, maka untuk perhitungan *MTTF* dan *MTTR* kerusakan komponen dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (14) dan (15) dan hasilnya dapat dilihat di tabel 4.

Perhitungan Total Biaya Perawatan

Berikut langkah-langkah perhitungan biaya perawatan yang optimum:

1. Ongkos tenaga kerja perawatan

Upah tenaga kerja dalam sebulan (20x8jam) sebesar Rp 1.500.000,00 sehingga jumlah gaji/jam sebesar Rp 9.375,00.

2. Biaya *loss production*
Biaya kerugian ini merupakan biaya kehilangan keuntungan akibat mesin tidak menjalankan produksi. Diketahui produksi benang/jam sebesar 641,088 kg/jam dan harga pokok produksi benang/kg Rp 32.880,00
 $C_o = \text{Pendapatan benang/jam} \times \text{HPP benang} = 641,088 \times \text{Rp } 32.880,00 = \text{Rp } 21.078.973,44$
3. Biaya pergantian komponen
Biaya berikut untuk komponen yang rusak. Harga komponen *flat belt* sebesar Rp 225.000,00 dan *apron* berpaku sebesar Rp 129.500,00
4. Biaya perbaikan
Biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki kerusakan komponen. Dengan persamaan (16) didapat nilai CF dan dengan persamaan (17) didapat nilai CM. Hasil biaya perbaikan ini dapat dilihat di tabel 5.
5. Total biaya perawatan optimum langkah-langkah perhitungan TC komponen dengan jenis kerusakannya sebagai berikut:
 - a. Perhitungan probabilitas rusak
Perhitungan probabilitas rusak pada komponen dengan jenis kerusakannya menggunakan persamaan (18) didapatkan nilai $P (TTF \leq TM)$
 - b. Probabilitas masih baik
Perhitungan probabilitas masih baik pada komponen dengan jenis kerusakannya menggunakan persamaan (19) didapatkan nilai $P (TTF > TM)$
 - c. Perhitungan TC
Perhitungan TC untuk komponen dengan jenis kerusakannya menggunakan persamaan (20) didapatkan nilai TC

Hasil rekap TC komponen dengan jenis kerusakannya pada mesin *Blowing* di Pisma Putra Textile dapat dilihat pada Lampiran 2

Analisis

Tabel 6 merupakan total biaya perawatan komponen kritis mesin *Blowing*. Perhitungan biaya ini sudah termasuk biaya Komponen (perbaikan) dan biaya kerugian yang disebabkan *downtime*. Berikut ini adalah perhitungan penurunan biaya dalam mesin *Blowing* PT Pisma Putra Textile, sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Jumlah Penurunan Biaya}}{\text{Jumlah TC Perusahaan}} \times 100\% \\ = \frac{21.587.975,45}{103.323.631,85} \times 100\% = 20,89\%$$

Berdasarkan perhitungan penurunan biaya maka TC optimal dibandingkan dengan TC perusahaan mengalami penurunan biaya sebesar 20,89 %.

Kesimpulan

Komponen menyebabkan kegagalan *flat belt* dan *apron* berpaku dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, karet kendor, *belt* putus, kayu *apron* berpaku patah dan paku-paku *apron* patah.

Berdasarkan hasil analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II kegiatan perawatan yang dilakukan adalah jenis kerusakan permukaan *belt* bergelombang, *belt* putus, kayu *apron* patah, dan paku-paku *apron* patah adalah *scheduled discard task* dengan interval perawatan dan Total Cost optimal berurutan sebagai berikut : 580 jam dengan TC Rp. 14661546,36, 465 jam dengan TC Rp 18350303,77, 490 jam dengan TC Rp 18966057,60, dan 450 jam dengan TC Rp 13419317,27. Sedangkan perawatan untuk kerusakan karet kendor adalah *scheduled restoration task* dengan interval perawatan 340 jam dan TC Rp 16338431,41. Total penurunan biaya keseluruhan sebesar Rp 21.587.975,45 atau 20,89% dari biaya perawatan perusahaan.

Tabel 1. Pengolahan Data Parameter TTF lempeng kayu *apron* berpaku patah

I	t_i	x_i	$F(t_i)$	y_i	$x_i y_i$	x_i^2	y_i^2
1	590,53	6,3810	0,0246	-3,6906	-23,5499	40,7174	13,6206
2	605,32	6,4058	0,0599	-2,7851	-17,8404	41,0337	7,7565
...
28	869,16	6,7675	0,9808	1,3740	9,2988	45,7994	1,8880
Jumlah	23444,26	187,7360	14	-15,4501	-96,7489	1260,1475	46,9491
Rata-rata	837,295	6,7049	0,5	-0,5518	-3,4553	45,0053	1,6768

Tabel 2. Pengolahan Data Parameter TTR lempeng kayu *apron* berpaku patah

i	t_i	x_i	$F(t_i)$	y_i	$x_i y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,05	0,0488	0,0169	-3,7256	-0,1818	0,0024	13,8804
2	1,11	0,1044	0,0411	-2,8207	-0,2944	0,0109	7,9565
...
29	2,51	0,9203	0,6932	0,1669	0,1536	0,8469	0,0279
Jumlah	51,42	15,5255	10,2971	-17,1729	-0,6307	10,5156	47,1208
Rata-rata	1,7731	0,5354	0,5	-0,5525	-0,0217	0,3626	1,6838

Tabel 3. Rekapitulasi Uji Distribusi Data TTF dan TTR Komponen Kritis Mesin *Blowing*

Komponen Kritis	Jenis Kerusakan	Uji Distribusi (Mann) TTF			Uji Distribusi (Mann) TTR		
		F _{tabel}	F _{hitung}	H ₀	F _{tabel}	F _{hitung}	H ₀
<i>Apron berpaku</i>	Lempeng kayu patah	F _{0,01,28,27} = 2,495	0,617	Diterima	F _{0,01,29,28} = 2,415	0,537	Diterima
	Paku patah	F _{0,01,40,39} = 2,676	0,563	Diterima	F _{0,01,25,24} = 2,620	0,587	Diterima
	Belt putus	F _{0,01,18,17} = 3,157	0,500	Diterima	F _{0,01,19,18} = 3,054	0,598	Diterima
<i>Flat belt pulley</i>	Permukaan bergelombang	F _{0,01,40,39} = 2,128	0,604	Diterima	F _{0,01,41,40} = 2,107	0,581	Diterima
	Karet kendur	F _{0,01,50,49} = 1,960	0,585	Diterima	F _{0,01,51,50} = 1,946	0,566	Diterima

Tabel 4. Rekapitulasi Parameter, Nilai MTTF dan MTTR Komponen Kritis Mesin *Blowing*

Komponen	Jenis Kerusakan	Parameter TTF		Parameter TTR		MTTF (Jam)	MTTR (Jam)
		α	β	α	β		
<i>Apron berpaku</i>	Lempeng kayu patah	4,871	914,281	4,087	1,955	829,875	1,775
	Paku patah	3,015	770,500	5,251	1,820	688,041	1,677
	Belt putus	5,529	730,512	3,590	2,386	674,408	2,150
<i>Flat belt pulley</i>	Permukaan bergelombang	5,113	718,053	6,625	1,793	660,049	1,672
	Karet kendur	4,541	500,341	3,799	1,544	456,596	1,395

Tabel 5. Hasil Biaya Perbaikan (CF) Komponen Mesin *Blowing*

Komponen	Jenis Kerusakan	Cr (Rp)	Co (Rp)	Cw (Rp)	Tf (Jam)	Tp (Jam)	CF (Rp)	CM (Rp)
<i>Apron berpaku</i>	Lempeng kayu patah	129500	21078973,44	9375	1,775	0,9	37561844,62	19109013,60
	Paku patah	129500	21078973,44	9375	1,677	0,85	35491021,14	18054596,17
	Belt putus	225000	21078973,44	9375	2,150	1	45558534,41	21313348,44
<i>Flat belt pulley</i>	Permukaan bergelombang	225000	21078973,44	9375	1,672	0,65	35478530,09	13932426,49
	Karet kendur	225000	21078973,44	9375	1,395	0,6	29646282,17	12878009,06

Tabel 6. Total Biaya Perawatan Komponen Kritis Mesin *Blowing*

Komponen	Jenis Kerusakan	TC Perusahaan	TC Optimal	Penurunan biaya
<i>Apron berpaku</i>	Lempeng kayu patah	16520655,88	14661546,36	1859109,52
	Paku patah	18827694,81	18350303,77	477391,04
	Belt putus	24656967,10	18966057,60	5690909,50
<i>Flat belt pulley</i>	Permukaan bergelombang	19619252,96	13419317,27	6199935,69
	Karet kendur	23699061,10	16338431,41	7360629,69
	Jumlah	103323631,85	81735656,40	21587975,45

Tabel 7. RCM II *Decision Worksheet*

RCM DECISION WORKSHEET		Sistem : Sistem Operasi <i>Blowing</i>														
		Subsistem : <i>Blowing</i>														
Komponen	Information reference	Consequence evaluation							H1 H2 H3				Default Action	Proposed task	Initial interval	can be done by
		H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4				
<i>Apron berpaku</i>	1	A	1	N	Y	N	N	N	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	580	Mekanik
		B	1	N	Y	N	N	N	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	465	Mekanik
		A	1	N	Y	N	N	N	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	490	Mekanik
<i>Flat belt pulley</i>	2	B	1	N	Y	N	N	N	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	450	Mekanik
		C	1	Y	N	N	Y	N	Y	N	-	-	-	Scheduled restoration task	340	Mekanik

Daftar Pustaka

- Assauri, S. (1993). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Corder, A. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta.: Erlangga
- Desvina, A.P. dan Erdini, M. (2012). Distribusi Weibull Dan Pareto Untuk Data Tinggi Gelombang Tsunami Aceh 2004. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*. Vol. 9. No. 2.
- Ebeling, C.E. (1997). *An Introduction To Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Iriani, Y. Rahmadi, E.S. (2011). *Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis Bus di Perum Damri Bandung*. 6th National Industrial Engineering Conference, Universitas Widyatama, Surabaya, hal 171-178
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance 2nd Edition*. New York : Industrial Press Inc. Madison Avenue
- Pranoto, J., Matondang, N., dan Siregar, Ikhsan (2013). Implementasi Studi Preventive Maintenance Fasilitas Produksi Dengan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. XYZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU*, Vol 1, No.3. pp. 18-24
- Rinne, H. (2009). *The Weibull Distribution A Handbook*. Chapman & Hall/CRC.
- Soesetyo, I., dan Bendatu, L.Y. (2014). Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang. *Jurnal Titra*, Vol. 2, No.2. 147–154.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from Theory to Execution Second Edition*. Wisconsin : ASQ Quality Press.

Lampiran 1. Hasil Analisis FMEA Komponen Kritis

FMEA WORKSHEET			Sistem : Sistem Operasi Blowing				S	O	D	RPN
No.	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect					
1	Apron berpaku	1 Memukul-pukul gumpalan kapas sehingga terbentuk mejadi terbuka terus-menerus hingga menjadi rata	A Lempeng kayu patah	1 kapas atau bahan baku lainnya masih basah	material akan lama untuk diproses	5	7	9	315	
		B Paku patah	1 kapas atau bahan lainnya tercampur dengan benda-benda yang mengganggu, seperti besi dan lain-lain	pencampuran & pembukaan bahan baku kurang bagus	8	6	6	288		
2	Flat belt	2 Memindahkan tenaga high power dari mesin penggerak yang terpisah ke mesin yang digerakan melalui pulley	A Belt putus	1 sering mengalami gesekan, sudah aus	produksi berhenti	5	5	9	225	
			B Permukaan bergelombang	1 terjadi gesekan terus menerus, ada yang mengganggu perputaran pulley dengan belt	pergerakan mesin tidak teratur, belt bergoyang	5	7	6	210	
			C Karet kendor	1 sudah lama dipakai, kecepatan pulley terlalu tinggi	belt menjadi melebar dan menipis, pinggir belt cepat rusak dan sobek	7	5	8	280	

Lampiran 2. Hasil Rekapitulasi Total Cost

Jenis Kerusakan	TM	Prob. Rusak	Prob. Baik	TC (Rp)
Permukaan <i>flat belt</i> bergelombang	430	0,070	0,930	13484511,28
	450	0,088	0,912	13419317,27
	470	0,108	0,892	13488443,52
	490	0,132	0,868	13695210,64
	510	0,160	0,840	14042763,48
	530	0,191	0,809	14533358,82
	550	0,226	0,774	15167636,03
	570	0,264	0,736	15943890,93
	590	0,307	0,693	16857388,09
	610	0,352	0,648	17899760,68
	630	0,401	0,599	19058558,68
	650	0,452	0,548	20317013,29
	670	0,504	0,496	21654084,55
	690	0,558	0,442	23044849,07
	710	0,611	0,389	24461261,74
	730	0,663	0,337	25873290,74
	750	0,713	0,287	27250379,12
	770	0,760	0,240	28563135,51
	790	0,804	0,196	29785106,70
	810	0,843	0,157	30894448,35
830	0,877	0,123	31875294,88	
850	0,906	0,094	32718646,20	
870	0,931	0,069	33422639,36	
890	0,950	0,050	33992153,52	
910	0,965	0,035	34437794,65	
930	0,977	0,023	34774403,11	
950	0,985	0,015	35019300,77	
970	0,990	0,010	35190527,56	
Lempeng kayu <i>Apron</i> berpaku patah	580	0,103	0,897	14661546,36
	610	0,130	0,870	14831342,50
	640	0,161	0,839	15200889,93
	670	0,197	0,803	15771736,32
	700	0,238	0,762	16542677,21
	730	0,284	0,716	17508314,70
	760	0,334	0,666	18657770,76
	790	0,388	0,612	19973678,49
	820	0,445	0,555	21431598,74
	850	0,504	0,496	23000013,91
	880	0,564	0,436	24641027,14
	910	0,624	0,376	26311837,79
	940	0,682	0,318	27966972,51
	970	0,737	0,263	29561132,78
	1000	0,787	0,213	31052392,37
	1030	0,833	0,167	32405367,63
	1060	0,872	0,128	33593922,37
	1090	0,905	0,095	34602984,71
1120	0,932	0,068	35429160,01	
1150	0,953	0,047	36080014,06	
1180	0,969	0,031	36572137,80	
1210	0,980	0,020	36928334,45	

Jenis Kerusakan	TM	Prob. Rusak	Prob. Baik	TC (Rp)	
Karet <i>flat belt</i> kendor	240	0,035	0,965	19936930,40	
	265	0,054	0,946	18383839,65	
	290	0,081	0,919	17291384,17	
	315	0,115	0,885	16617197,28	
	340	0,159	0,841	16338431,41	
	365	0,212	0,788	16439749,36	
	390	0,276	0,724	16903588,09	
	415	0,348	0,652	17702127,39	
	440	0,428	0,572	18791324,96	
	465	0,512	0,488	20107919,86	
	490	0,597	0,403	21570420,61	
	515	0,680	0,320	23084682,30	
	540	0,757	0,243	24553721,21	
	565	0,824	0,176	25890110,08	
	590	0,879	0,121	27028097,56	
	615	0,922	0,078	27932113,25	
	490	0,104	0,896	18966057,60	
	Flat <i>belt</i> putus	515	0,135	0,865	19209054,88
540		0,171	0,829	19747965,53	
565		0,215	0,785	20591449,31	
590		0,264	0,736	21741492,17	
615		0,320	0,680	23189874,96	
640		0,382	0,618	24914921,86	
665		0,448	0,552	26879049,31	
690		0,518	0,482	29027747,55	
715		0,589	0,411	31290629,20	
740		0,658	0,342	33585011,19	
765		0,725	0,275	35822118,63	
790		0,786	0,214	37915429,03	
815		0,840	0,160	39790016,84	
840		0,885	0,115	41391204,89	
865		0,922	0,078	42690625,97	
890		0,949	0,051	43688140,00	
Paku <i>Apron</i> patah		290	0,051	0,949	23377387,13
		325	0,071	0,929	21363062,46
	360	0,096	0,904	19953844,28	
	395	0,125	0,875	19031981,21	
	430	0,158	0,842	18517112,96	
	465	0,196	0,804	18350303,77	
	500	0,238	0,762	18484724,06	
	535	0,283	0,717	18880043,73	
	570	0,332	0,668	19499056,62	
	605	0,383	0,617	20305745,18	
	640	0,435	0,565	21264333,50	
	675	0,489	0,511	22339046,85	
	710	0,542	0,458	23494379,99	
	745	0,595	0,405	24695716,94	
	780	0,646	0,354	25910164,38	
	815	0,694	0,306	27107471,69	
	850	0,739	0,261	28260921,76	
	885	0,781	0,219	29348091,28	
920	0,819	0,181	30351399,93		