

ANALISIS MANAJEMEN PERAWATAN MENGGUNAKAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II
PADA MESIN *CIRCULAR LOOM* SBY-850X6S
(Studi Kasus: CV. Absolutech Distrindo, Malang)

ANALYSIS OF MAINTENANCE MANAGEMENT USING
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II
ON CIRCULAR LOOM MACHINE SBY-850X6S
(Case Study: CV. Absolutech Distrindo, Malang)

Shodiq Handoko¹⁾, Oyong Novareza²⁾, Rakhmat Himawan³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail: connectteams@yahoo.co.id¹⁾, novareza15@ub.ac.id²⁾, himawan@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Mesin produksi pada CV. Absolutech Distrindo bekerja secara terus menerus sehingga menyebabkan mesin produksi sering mengalami kerusakan saat beroperasi. Untuk meminimasi potensi kerusakan tersebut perlu adanya kebijakan perawatan yang optimal oleh perusahaan sehingga mesin dapat beroperasi dengan baik. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah Reliability Centered Maintenance (RCM) II untuk mengatasi permasalahan tersebut. Mesin circular loom SBY-850X6S merupakan salah satu mesin dalam lini produksi karung glangsing. Mesin circular loom SBY-850X6S memiliki potensi kerusakan komponen paling tinggi sehingga sering menyebabkan downtime. Oleh karena itu, penelitian ini akan difokuskan pada komponen kritis mesin circular loom SBY-850X6S. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa komponen kritis pada mesin circular loom SBY-850X6S berdasarkan hasil dari konsep diagram pareto (80:20) adalah komponen push rubber wheel, shuttle bottom wheel, up shuttle wheel, spring, compensator, dan grommet band. Hasil analisis strategi perawatan (TM) yang diusulkan menunjukkan bahwa interval perawatan komponen push rubber wheel selama 142,4 Jam, komponen shuttle bottom wheel selama 146,38 Jam, komponen up shuttle wheel selama 188,3 Jam, komponen spring selama 108,03 Jam, komponen compensator selama 102,83 Jam, dan komponen grommet band selama 138,94 Jam. Dari perhitungan total biaya perawatan (TC) berdasarkan strategi yang diusulkan diperoleh hasil untuk komponen push rubber wheel sebesar Rp 108.519.320, komponen shuttle bottom wheel sebesar Rp 101.675.810, komponen up shuttle wheel sebesar Rp 61.434.673, komponen spring sebesar Rp 70.296.354, komponen compensator sebesar Rp 70.447.392, dan komponen grommet band sebesar Rp 95.494.233. Hasil proses produksi dengan penerapan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II dibandingkan dengan hasil produksi strategi perawatan sebelumnya terjadi peningkatan produktivitas pada mesin circular loom SBY-850X6S sebesar 38,15%.

Kata Kunci: Reliability Centered Maintenance (RCM) II, FMEA, downtime, perawatan.

1. Pendahuluan

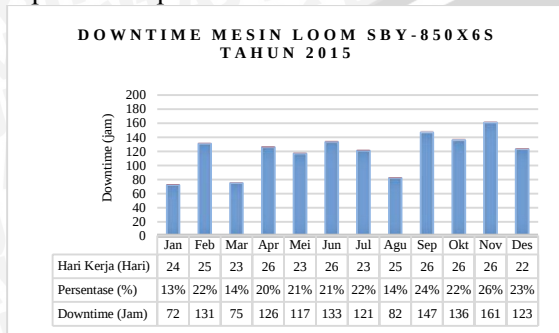
Semakin meningkatnya persaingan dalam bidang manufaktur, perusahaan dituntut untuk melakukan aktivitas perbaikan secara berkala pada mesin produksi maupun sistem operasional didalamnya untuk mendukung kelancaran proses produksi. Faktor yang perlu diperhatikan adalah sistem perawatan dan produksi di dalam suatu perusahaan. Menurut Assauri (2004) perawatan merupakan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai yang direncanakan.

CV. Absolutech Distrindo merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi karung glangsing (*woven bags*). Bahan baku yang digunakan adalah polipropilena yaitu

polimer termo-plastik yang dibuat oleh industri kimia dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya adalah bahan dasar pembuatan karung glangsing (*woven bags*). Dalam proses produksinya sering terjadi permasalahan yaitu *downtime* mesin disebabkan karena putus benang maupun karena terjadi kerusakan komponen sehingga penggunaan mesin tidak efektif. Beberapa kerugian yang ditimbulkan adalah proses produksi terhambat, waktu dan biaya produksi meningkat, hasil produksi menurun, serta menimbulkan banyak produk cacat yang diakibatkan karena kerusakan komponen mesin.

Terdapat beberapa mesin produksi di CV. Absolutech Distrindo dalam proses produksi karung glangsing antara lain *tape production*

line, machine winder, 6 shuttle circular loom, 4 color print machine, dry machine, cutting machine, sewing machine, crusher machine, dan baling machine. Namun *downtime* yang sering terjadi yaitu pada mesin tenun (*loom machine*) yang berfungsi menenun benang plastik menjadi gulungan karung. Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan akan difokuskan pada mesin *circular loom* tipe SBY-850X6S. Penjelasan data *downtime* mesin *circular loom* SBY-850X6S dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Downtime Mesin Circular loom

Berdasarkan Gambar 1 diatas dapat diketahui bahwa persentase *downtime* masih cukup tinggi untuk beberapa bulan tertentu. *Downtime* yang terjadi akan mempengaruhi jumlah gulungan karung yang dihasilkan setiap harinya. Penyebab *downtime* juga disebabkan karena kerusakan komponen atau *sparepart* sehingga membutuhkan waktu perbaikan hingga mesin dapat beroperasi kembali. Tabel 1 berikut ini merupakan penjelasan frekuensi kerusakan komponen pada mesin *loom* SBY-850X6S.

Tabel 1 Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin Circular Loom SBY-850X6S

Sistem	Komponen	Frekuensi	Waktu Kerusakan (Jam)
Circular loom Machine SBY-850X6S	Push Rubber Wheel	103	148,6
	Grommet Band	32	139,04
	Spring	121	92,79
	Shuttle Bottom Wheel	51	63,75
	Up Shuttle Wheel	51	63,75
	Compensator	32	54,39
	Shuttle Body	6	36
	Pulley	6	30
	Insertion Finger Holder	5	24,99
	Brake Arm	16	16
	V Belt Circular loom	32	13,34
	Insertion	4	12

Dari Tabel 1 diatas dapat diketahui prioritas kerusakan komponen berdasarkan frekuensi kerusakan dan lamanya waktu kerusakan yang ditimbulkan. Oleh karena itu, penelitian ini bermaksud untuk melakukan penjadwalan

penggantian komponen-komponen tersebut dengan menggunakan pendekatan *preventive maintenance* dan mempertimbangkan keandalan komponen pengganti guna meminimalkan frekuensi kerusakan dan menekan potensi *downtime* pada mesin *loom* SBY-850X6S.

Reliability Centered Maintenance (RCM) II merupakan metode penggabungan analisa kualitatif dan kuantitatif dalam penentuan program pemeliharaan (Moubray, 1997). Analisa kualitatif terdapat pada tindakan perawatan yang diusulkan (*proposed task*) yang dalam hal ini adalah *scheduled restoration task*, *scheduled discard task*, dan *scheduled on condition task*, sedangkan analisa kuantitatif terdapat pada penentuan *initial interval* atau interval perawatan dengan mempertimbangkan biaya perawatan dan perbaikan komponen. Metode RCM II mempunyai kelebihan dalam penentuan program pemeliharaan yang difokuskan pada komponen kritis (*critical item list*) dan menghindari kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval pemeliharaan yang tepat (Moubray, 1997).

2. Metode Penelitian

Penelitian dibagi menjadi 3 tahap, yaitu tahap identifikasi awal, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisa dan kesimpulan.

2.1 Tahap Identifikasi Awal

Berikut ini merupakan penjelasan sistematis tahapan identifikasi awal penelitian:

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai referensi-referensi yang berkaitan dengan topik permasalahan yang akan diteliti.

2. Identifikasi Masalah

Tahapan identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada CV. Absolutech Distrindo. Langkah awal yang dilakukan adalah observasi langsung pada mesin-mesin di stasiun produksi karung glangsing. Observasi ini bertujuan mengetahui informasi permasalahan yang berkaitan dengan topik penelitian. Manfaat yang diperoleh dari hasil observasi yaitu memberikan gambaran pada peneliti sehingga dapat mengetahui permasalahan pada CV. Absolutech Distrindo.

3. Merumuskan Masalah

Perumusan masalah akan memfokuskan penelitian pada satu mesin yang dianggap memerlukan evaluasi khusus dan tidakkan perbaikan secara tepat.

2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Penjelasan pada tahap pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian ini yaitu:

1. Pungumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan selama proses penelitian berlangsung. Dalam penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian baik melalui pengamatan langsung, hasil wawancara dengan pihak-pihak terkait, dan dari hasil pengukuran. Dalam penelitian ini data primer yang dibutuhkan antara lain:

- 1) Data kegagalan komponen
- 2) Data penyebab kegagalan
- 3) Data akibat kegagalan

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang bersumber dari data-data yang dimiliki oleh perusahaan. Dalam penelitian ini data sekunder yang dibutuhkan yaitu:

- 1) Data umum perusahaan
- 2) Data hasil produksi
- 3) Data komponen kritis
- 4) Data interval kerusakan
- 5) Data waktu perbaikan
- 6) Data biaya perawatan

2. Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari data-data yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya. Pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Mendeskripsikan sistem dengan *Functional Block Diagram* (FBD)
- b. Mengidentifikasi kerusakan dengan *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA)
- c. Penentuan jenis distribusi data kerusakan menggunakan *Goodness of Fit Test* dan penentuan nilai parameter data TTR dan TTF

d. Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Mean Time To Failure* (MTTF)

e. Perhitungan interval waktu perawatan (TM)

f. Perhitungan total biaya perawatan (TC)

g. Melakukan penyusunan RCM II *Decision Worksheet*

2.3 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah pemecahan masalah diperoleh, tahap selanjutnya adalah melakukan penarikan kesimpulan. Hasil dari penarikan kesimpulan nantinya dapat menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan. Selain itu dapat memberikan saran baik kepada perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengolahan Data Kualitatif

Pengolahan data kualitatif dalam penelitian ini menggunakan dua metode yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan RCM II *Decision Worksheet*.

3.1.1 *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA)

Pengolahan data kualitatif menggunakan metode *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA) yang bertujuan mengidentifikasi masing-masing jenis kerusakan untuk setiap komponen kritis dengan mempertimbangkan risiko kerusakan fungsi komponen dan penentuan prioritas penanganannya. Pada penelitian ini analisis kualitatif dilakukan pada 6 komponen kritis yaitu *push rubber wheel*, *shuttle bottom wheel*, *up shuttle wheel*, *spring*, *compensator*, dan *grommet band*. Penilaian prioritas risiko kerusakan fungsi komponen didasarkan pada 4 kategori yaitu *severity* (keparahan kerusakan), *occurrence* (frekuensi kerusakan), *detection* (pendeteksian kerusakan), dan penentuan nilai RPN (*Risk Priority Number*). Rumus perhitungan RPN yaitu sebagai berikut.

$$RPN = S \times O \times D \quad (\text{Pers 1})$$

Hasil analisis FMEA komponen kritis mesin *circular loom* SBY-850X6S dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.1.2 RCM II *Decision Worksheet*

1. *Failure Consequence*

Kerusakan atau kerusakan pada komponen mesin *circular loom* tipe SBY-850X6S akan mengakibatkan *downtime* karena adanya

waktu perbaikan atau waktu penggantian komponen mesin hingga mesin dapat beroperasi kembali. Hal ini mempengaruhi *output* produksi karung glangsing yang semakin sedikit dan berdampak pada kerugian perusahaan.

2. Proactive Task

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan tindakan yang harus dilakukan perusahaan terhadap komponen-komponen kritis pada mesin *circular loom* tipe SBY-850X6S. Berdasarkan kondisi yang diperoleh, maka komponen kritis akan dilakukan tindakan penanganan dengan *scheduled on-condition maintenance task* yaitu dengan dilakukan pemeriksaan atau pendeteksian terhadap *potential failure* sehingga dapat mencegah terjadinya *functional failure* atau untuk menghindari konsekuensi dari *functional failure* atau kerusakan fungsi komponen.

3. Proposed Task

Setelah dilakukan kegiatan pemeriksaan pada komponen kritis, langkah selanjutnya adalah menentukan tindakan perawatan agar *functional failure* tidak terjadi kembali atau untuk meminimasi potensi terjadinya penyebab kerusakan. Setelah dilakukan analisis bagian *maintenance* atau teknisi mesin *circular loom* maka dapat ditentukan tindakan perawatan pada komponen kritis. Tindakan perawatan yang diberikan antara lain adalah *scheduled restoration task* yaitu tindakan pemulihan kemampuan peralatan atau komponen saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan, *scheduled discard task* yaitu tindakan mengganti peralatan atau komponen saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan, dan *default action* dengan kategori *scheduled failure finding* yaitu melakukan *checking* secara periodik atau interval waktu tertentu terhadap komponen kritis.

Hasil penyusunan dari RCM II *Decision Worksheet* dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.2 Pengolahan Data Kuantitatif

Ada beberapa tahapan dalam melakukan pengolahan data kuantitatif yaitu penentuan distribusi waktu antar kerusakan, lamanya waktu perbaikan, penentuan interval perawatan, dan penentuan biaya aktivitas perawatan.

3.2.1 Pengujian Goodness of Fit Data TTR Push Rubber Wheel Tipis

Sesuai dengan jenis distribusi suatu karakteristik data kerusakan dalam aplikasi penggunaannya maka data TTR *push rubber wheel* tipis diduga berdistribusi lognormal. Untuk memastikan kebenaran pendugaan jenis distribusi data kerusakan merupakan distribusi lognormal, maka dilakukan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Formulasi Hipotesis

H_0 : Data TTR *push rubber wheel* tipis berdistribusi lognormal

H_1 : Data TTR *push rubber wheel* tipis tidak berdistribusi lognormal

2. Penentuan taraf nyata (α) dan Nilai D_{critic}

$\alpha = 0,05$ $n = 36$

$D_{critic} = D_{0,05.36} = 0,2212$

3. Kriteria Pengujian

H_0 diterima jika $D_{hitung} \leq D_{critic}$

H_0 ditolak jika $D_{hitung} > D_{critic}$

4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Kolmogorov-Smirnov* data TTR *push rubber wheel* tipis.

Tabel 2 Uji *Kolmogorov-Smirnov* TTR *Push Rubber Wheel* Tipis

i	t_i	$\ln(t_i)$	F_{kum}	$F_n(t_i)$	$z = \frac{t_i - \bar{t}}{s}$	$F_0(t_i)$	$ F_n(t_i) - F_0(t_i) $
1	1,19	0,1740	1	0,0278	-1,8252	0,0340	0,0062
2	1,29	0,2546	2	0,0556	-1,6702	0,0474	0,0081
3	1,33	0,2852	3	0,0833	-1,6116	0,0535	0,0298
...	...	...	...	...	...	...	...
36	8,55	2,1459	36	1,0000	1,9632	0,9752	0,0248

Contoh perhitungan pada $i = 1,19$

$\ln(t_1) = \ln(1,19) = 0,1740$

$F_{kum}(t_1) = 1$

$F_n(t_1) = \frac{1}{36} = 0,0278$

$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{36} t_i}{n} = \frac{40,4657}{36} = 1,1240$

$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{36} (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = \sqrt{0,271} = 0,5205$

$z = \frac{t_i - \bar{t}}{s} = \frac{0,1740 - 1,1240}{0,5205} = -1,8252$

$F_0(t_1) = F(z < z_1) = F(z < -1,8252) = 0,0340$

$|F_n(t_1) - F_0(t_1)| = |0,0278 - 0,0340| = 0,0062$

$D_{hitung} =$

$\max \{0,0062; 0,0081; 0,0298; \dots; 0,0248\} = 0,0620$

5. Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui nilai $D_{hitung} \leq D_{critic}$ ($0,0620 \leq 0,2212$) sehingga disimpulkan H_0 diterima yaitu data TTR *push rubber wheel* tipis berdistribusi lognormal.

3.2.2 Pengujian *Goodness of Fit* Data TTF *Push Rubber Wheel Tipis*

Sesuai dengan jenis distribusi suatu karakteristik data kerusakan dalam aplikasi penggunaannya, maka data TTF *push rubber wheel* tipis diduga berdistribusi *weibull*. Untuk memastikan kebenaran pendugaan jenis distribusi data kerusakan merupakan distribusi *weibull*, maka dilakukan uji *Mann*. Hipotesis dan perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Formulasi Hipotesis
 H_0 : Data TTF *push rubber wheel* tipis berdistribusi *weibull*
 H_1 : Data TTF *push rubber wheel* tipis tidak berdistribusi *weibull*
2. Penentuan taraf nyata (α) dan Nilai M_{tabel}
 $\alpha = 0,05$
 $k_1 = \frac{r}{2} = \frac{35}{2} = 17,5 \rightarrow (2)(17,5) = 35$
 $k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{35-1}{2} = 17 \rightarrow (2)(17) = 34$
 $F_{tabel} = F_{0,05,35,34} = 1,7669$
3. Kriteria Pengujian
 H_0 diterima jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$
 H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$
4. Uji Statistik
 Berikut ini adalah uji *Mann* data TTF *push rubber wheel* tipis.

Tabel 3 Uji *Mann* TTF *Push Rubber Wheel Tipis*

i	t_i	$\ln(t_i)$	Z_i	M_i	$\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i)$	$\frac{\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i)}{M_i}$
1	111,24	4,7117	-4,2485	1,1131	0,0032	0,0029
2	111,60	4,7149	-3,1353	0,5257	0,0011	0,0020
3	111,72	4,7160	-2,6096	0,3517	0,0024	0,0069
...	...	...	...	...	...	...
35	285,60	5,6546	1,3481			

Contoh perhitungan pada $i = 111,24$

$$\ln(t_i) = \ln(111,24) = 4,7117$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1-0,5}{35+0,25} \right) \right] = -4,2485$$

$$M_i = Z_2 - Z_1 = -3,1353 - (-4,2485) = 1,1131$$

$$\ln(t_2) - \ln(t_1) = 4,7149 - 4,7117 = 0,0032$$

$$\frac{\ln(t_2) - \ln(t_1)}{M_i} = \frac{0,0032}{1,1131} = 0,0029$$

$$F_{hitung} = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[\frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[\frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right]} = \frac{(17,5)(4,1631)}{(17)(3,8548)} = 1,1117$$

5. Penarikan Kesimpulan
 Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui nilai $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ ($1,1117 \leq 1,7669$) sehingga disimpulkan H_0 diterima yaitu data TTF *push rubber wheel* tipis berdistribusi *weibull*.

3.2.3 Rekapitulasi Pengujian *Goodness of Fit* Data TTF dan TTR

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil pengujian hipotesis dari masing-masing jenis

distribusi data kerusakan TTF dan TTR. Tabel 4 berikut ini merupakan rekapitulasi pengujian hipotesis masing-masing data kerusakan.

Tabel 4 Rekapitulasi Uji Hipotesis

Komponen	TTF		Keterangan	Distribusi
	F hitung	F tabel		
Push Rubber Wheel	1,1116	$F_{0,05,35,34}$ 1,7670	H_0 Diterima	Weibull
Shuttle Bottom Wheel	1,0400	$F_{0,05,37,36}$ 1,7383	H_0 Diterima	Weibull
Up Shuttle Wheel	1,2375	$F_{0,05,28,27}$ 1,8975	H_0 Diterima	Weibull
Spring	1,5642	$F_{0,05,51,50}$ 1,5967	H_0 Diterima	Weibull
Compensator	1,2016	$F_{0,05,68,67}$ 1,4972	H_0 Diterima	Weibull
Grommet Band	1,8347	$F_{0,05,31,30}$ 1,8376	H_0 Diterima	Weibull

Tabel 4 Rekapitulasi Uji Hipotesis (lanjutan)

Komponen	TTR		Keterangan	Distribusi
	D hitung	D tabel		
Push Rubber Wheel	0,0620	$D_{0,05,36}$ 0,2212	H_0 Diterima	Lognormal
Shuttle Bottom Wheel	0,0914	$D_{0,05,38}$ 0,2154	H_0 Diterima	Lognormal
Up Shuttle Wheel	0,1296	$D_{0,05,29}$ 0,2457	H_0 Diterima	Lognormal
Spring	0,0810	$D_{0,05,52}$ 0,1886	H_0 Diterima	Lognormal
Compensator	0,0490	$D_{0,05,69}$ 0,1637	H_0 Diterima	Lognormal
Grommet Band	0,1000	$D_{0,05,32}$ 0,2342	H_0 Diterima	Lognormal

3.2.4 Perhitungan Nilai Parameter Data TTR *Push Rubber Wheel Tipis*

Perhitungan nilai parameter TTR *push rubber wheel* tipis dengan distribusi lognormal diolah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n})^2}{n-1}}$$

Tabel 5 Perhitungan Parameter TTR *Push Rubber Wheel Tipis*

i	t_i	$\ln(t_i)$	$\ln(t_i) - \text{mean}(\ln(t_i))$	$(\ln(t_i) - \text{mean}(\ln(t_i)))^2$
1	1,19	0,1740	-0,9501	0,9027
2	1,29	0,2546	-0,8694	0,7559
3	1,33	0,2852	-0,8389	0,7037
...	...	...	...	...
36	8,55	2,1459	1,0219	1,0442

Perhitungan nilai parameter μ dan β adalah sebagai berikut:

$$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n} = \frac{(40,4657)}{36} = 1,1240$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n}) \right)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{9,4834}{36-1}} = 0,5205$$

Keterangan: μ = parameter lokasi
 β = parameter skala

3.2.5 Perhitungan Nilai Parameter Data TTF Push Rubber Wheel Tipis

Perhitungan nilai parameter TTF *push rubber wheel* tipis dengan distribusi *weibull* diolah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)}$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$\alpha = b$$

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

Tabel 6 Perhitungan Parameter TTF Push Rubber Wheel Tipis

i	t _i	x _i	y _i	f(t _i)	x _i ²	y _i ²	x _i y _i
1	111,24	4,7117	-3,9134	0,0946	22,2	15,3148	-18,4388
2	111,6	4,7149	-3,0116	0,2297	22,2305	9,0696	-14,1994
3	111,71	4,7159	-2,5341	0,3649	22,2398	6,4214	-11,9504
...	...	...	...	...	...	...	...
35	285,6	5,6546	1,367	4,6892	31,9744	1,8686	7,7296

Perhitungan nilai parameter α dan β adalah sebagai berikut:

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

$$= \frac{(35)(-89,9980) - (181,6161)(-19,4526)}{(35)(945,0266) - (181,6161)^2}$$

$$= 4,1846$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} = (-0,5558) - (4,1846)(5,1890)$$

$$= -22,27$$

$$\alpha = b = 4,1847$$

$$\beta = e^{-\frac{a}{b}} = e^{-\left(\frac{-22,27}{4,1847}\right)} = 204,76$$

Keterangan: α = parameter bentuk
 β = parameter skala

3.2.6 Rekapitulasi Perhitungan Parameter Data TTF dan TTR

Berikut ini merupakan rekapitulasi nilai parameter data kerusakan TTR dan TTF.

Tabel 7 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Parameter

Jenis Kerusakan	Ket	Distribusi	Nilai Parameter		
			μ (lokasi)	β (skala)	α (bentuk)
Push Rubber Wheel Tipis	TTR	Lognormal	1,124	0,5205	
	TTF	Weibull		204,5	4,296
Shuttle Bottom Wheel Tipis	TTR	Lognormal	1,513	0,5063	
	TTF	Weibull		205,5	3,951
Up Shuttle Wheel Tipis	TTR	Lognormal	1,266	0,6405	
	TTF	Weibull		265,4	4,314
Spring Berkarat	TTR	Lognormal	0,9254	0,5017	
	TTF	Weibull		164,7	4,015
Compensator Bengkok	TTR	Lognormal	0,5374	0,2704	
	TTF	Weibull		152	3,611
Grommet Band Mengelupas	TTR	Lognormal	1,415	0,3153	
	TTF	Weibull		196,9	3,992

3.2.7 Perhitungan MTTR dan MTTF Komponen Kritis

Berdasarkan hasil pengujian jenis distribusi data TTR dan TTF yaitu data TTR berdistribusi lognormal dan data TTF berdistribusi *weibull*. Maka untuk perhitungan nilai MTTR diolah dengan menggunakan rumus persamaan (2-43) dan perhitungan nilai MTTF diolah dengan menggunakan rumus persamaan (2-37).

$$1) \text{ MTTR} = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$\text{MTTR} = e^{1,124 + \frac{0,5205^2}{2}}$$

$$\text{MTTR} = e^{1,2594}$$

$$\text{MTTR} = 3,52 \text{ jam}$$

$$2) \text{ MTTF} = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$\text{MTTF} = 204,5 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{4,296}\right)$$

$$\text{MTTF} = 204,5 \times \Gamma(1,2327)$$

$$\text{MTTF} = 204,5 \times 0,9114$$

$$\text{MTTF} = 186,38 \text{ jam}$$

Tabel 8 Rekapitulasi Nilai MTTR dan MTTF

Kerusakan Komponen	MTTR (Jam)	MTTF (Jam)
Push Rubber Wheel Tipis	3,52	186,38
Shuttle Bottom Wheel Tipis	5,16	186,42
Up Shuttle Wheel Tipis	4,35	241,93
Spring Berkarat	2,86	149,54
Compensator Bengkok	1,77	137,13
Grommet Band Mengelupas	4,32	178,72

3.2.8 Perhitungan Interval Perawatan (TM) dan Total Biaya Perawatan (TC)

1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya untuk operasional mesin dan melakukan aktivitas perawatan. Biaya tenaga teknisi dikeluarkan ketika terjadi kerusakan dan penggantian yang bersifat *breakdown* atau *corrective*. Sedangkan biaya operator untuk operasional mesin dan perawatan secara *preventive*.

Tabel 9 Biaya Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Jumlah Gaji / Hari	Jumlah Gaji / Bulan	Jumlah Tenaga Kerja
Tenaga Teknisi	Rp 100.000	Rp 2.600.000	2 orang
Operator	Rp 225.000	Rp 5.850.000	3 orang

2. Biaya Kerugian Produksi

Biaya yang timbul akibat kerusakan komponen dan *downtime* sehingga menyebabkan perusahaan tidak dapat beroperasi dan berakibat kerugian produksi (*loss production*) karena harus menunggu mesin diperbaiki.

Diasumsikan produksi karung glangsing per hari adalah 1098 karung/hari
Jika Harga Pokok Produksi (HPP) karung glangsing Rp.1380/karung sehingga biaya kerugian produksi perhari adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C_o &= \text{Produksi karung perhari} \times \text{HPP} \\ &= 1098 \text{ karung} \times \text{Rp } 1.380,- \\ &= \text{Rp } 1.515.240,- \end{aligned}$$

3. Biaya Aktivitas Perawatan
Biaya untuk melaksanakan aktivitas perawatan.

Tabel 10 Biaya Kerugian Produksi dan Biaya Penggantian Komponen

Komponen	Kerugian Produksi / Hari	Biaya Komponen
Push Rubber Wheel	Rp 1.515.240	Rp 13.500
Shuttle Bottom Wheel	Rp 1.515.240	Rp 40.500
Up Shuttle Wheel	Rp 1.515.240	Rp 27.000
Spring	Rp 1.515.240	Rp 150.000
Compensator	Rp 1.515.240	Rp 300.000
Grommet Band	Rp 1.515.240	Rp 35.000

4. Biaya Perawatan *Failure* (C_F) dan Biaya Perawatan *Preventive* (C_M)
Dalam hal ini waktu perbaikan *preventive* relatif lebih cepat dibandingkan dengan perbaikan ketika telah terjadi *failure*.

Tabel 11 Waktu Perbaikan *Preventive* dan Waktu Perbaikan *Failure*

Komponen	T_p (Jam)	T_r (Jam)
Push Rubber Wheel	1	1,44
Shuttle Bottom Wheel	0,96	1,25
Up Shuttle Wheel	0,75	1
Spring B	0,38	0,76
Compensator	0,27	0,53
Grommet Band	0,85	1,15

Keterangan:

T_p = Waktu perbaikan *preventive*

T_r = Waktu perbaikan *failure*

Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya perbaikan untuk komponen *push rubber wheel*.

Diketahui:

Biaya komponen = Rp 13.500.-

Biaya teknisi = Rp 100.000,-

Kerugian produksi = Rp 1.515.240,-

$$\begin{aligned} C_F \text{ Corrective} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Teknisi} + \text{Kerugian Produksi}) \times T_r) \\ &= (13.500 + (100.000 + 1.515.240) \times 1,44) \\ &= \text{Rp } 2.339.446,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_M \text{ Preventive} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Teknisi} + \text{Kerugian Produksi}) \times T_p) \\ &= (13.500 + (100.000 + 1.515.240) \times 1,00) \\ &= \text{Rp } 1.628.740,- \end{aligned}$$

Tabel 12 Rekapitulasi Biaya C_F dan C_M

Komponen	C_F Corrective	C_M Preventive
Push Rubber Wheel	Rp 2.339.446	Rp 1.628.740
Shuttle Bottom Wheel	Rp 2.059.550	Rp 1.591.130
Up Shuttle Wheel	Rp 1.642.240	Rp 1.238.430
Spring	Rp 1.377.582	Rp 763.791
Compensator	Rp 1.156.077	Rp 736.115
Grommet Band	Rp 1.892.526	Rp 1.407.954

5. Interval Waktu Perawatan

Perhitungan interval waktu perawatan (TM) untuk *push rubber wheel*.

$$\begin{aligned} TM &= \theta \left[\frac{C_M}{C_F(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\ &= 204,5 \left[\frac{1.628.740}{2.339.446(4,296-1)} \right]^{\frac{1}{4,296}} \\ &= 142,4 \text{ jam} \end{aligned}$$

Tabel 13 Jumlah Penggantian Komponen Untuk Setiap Aktivitas Perawatan

Komponen	Jumlah Komponen
Push Rubber Wheel	12 $\bar{x}_{\max} = 12$; $\bar{x}_{\min} = 1$
Shuttle Bottom Wheel	24 $\bar{x}_{\max} = 24$; $\bar{x}_{\min} = 1$
Up Shuttle Wheel	12 $\bar{x}_{\max} = 12$; $\bar{x}_{\min} = 1$
Spring	780 $\bar{x}_{\max} = 780$; $\bar{x}_{\min} = 1$
Compensator	780 $\bar{x}_{\max} = 780$; $\bar{x}_{\min} = 1$
Grommet Band	130 $\bar{x}_{\max} = 130$; $\bar{x}_{\min} = 1$

Keterangan : $\bar{x}_{\max}$ = jumlah penggantian maksimal

$\bar{x}_{\min}$ = jumlah penggantian minimal

Jumlah rata-rata komponen *push rubber wheel* yang diganti:

$$\frac{(\max - \min)}{2} + 1 = \frac{(12 - 1)}{2} + 1 = 7 \text{ komponen}$$

Tabel 14 Interval Perawatan (TM)

Jenis Kerusakan	TM (Jam)	Jumlah Komponen
Push Rubber Wheel	142,4	7
Shuttle Bottom Wheel	146,38	13
Up Shuttle Wheel	188,3	7
Spring	108,03	391
Compensator	102,83	391
Grommet Band	138,94	66

6. Total Biaya Perawatan

Berikut ini adalah rumus perhitungan TC optimal untuk komponen *push rubber wheel* tipis.

$$TC = (P(TTF \leq TM) C_F) + (P(TTF > TM) C_M)$$

- a. Perhitungan Probabilitas Rusak

Perhitungan probabilitas rusak pada komponen *push rubber wheel* dengan jenis kerusakan *rubber wheel* tipis adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P(TTF \leq TM) &= \int_0^{TM} f(t) dt \\ &= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha} \right] dt \\ &= \int_0^{125} \frac{4,296}{204,5} \left(\frac{t}{204,5} \right)^{4,296-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{204,5} \right)^{4,296} \right] dt \\ &= 0,1136 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan Probabilitas Baik
Perhitungan probabilitas komponen masih baik pada komponen *push rubber wheel* tipis.

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

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

$$= 1 - P(TTF \leq TM) = 0,8864$$

- c. Biaya Perbaikan *Corrective*

$$C_F = (P(TTF \leq TM) C_F)$$

$$C_F = 0,1136 \times 2.339.446 \times \frac{8760}{125}$$

$$C_F = \text{Rp } 18.624.532,-$$

- d. Biaya Perbaikan *Preventive*

$$C_M = (P(TTF > TM) C_M)$$

$$C_M = 0,8864 \times 1.628.740 \times \frac{8760}{125}$$

$$C_M = \text{Rp } 101.175.557,-$$

- e. Perhitungan TC

$$TC = (P(TTF \leq TM) C_F) + (P(TTF > TM) C_M) \times \frac{8760}{TM}$$

$$TC = ((0,1136 \times 2.339.446) + (0,8864 \times 1.628.740)) \times \frac{8760}{125} = \text{Rp } 119.800.089,-$$

Rekapitulasi jadwal penggantian komponen berdasarkan nilai interval perawatan (TM) dan *Mean Time To Failure* (MTTF) dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Lampiran 4.

3.3 Perhitungan Keandalan Komponen Berdasarkan Interval Perawatan

Keandalan setiap komponen dihitung berdasarkan nilai MTTF dan interval waktu perawatan (TM). Perhitungan keandalan ini nantinya akan dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan waktu perawatan optimal.

Keandalan komponen *push rubber wheel* berdasarkan *Mean Time To Failure* (MTTF).

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

$$R(MTTF) = \exp\left[-\left(\frac{186,38}{204,5}\right)^{4,296}\right] = 0,5110$$

Keandalan komponen *push rubber wheel* berdasarkan Interval Waktu Perawatan (TM).

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

$$R(TM) = \exp\left[-\left(\frac{142,4}{204,5}\right)^{4,296}\right] = 0,8095$$

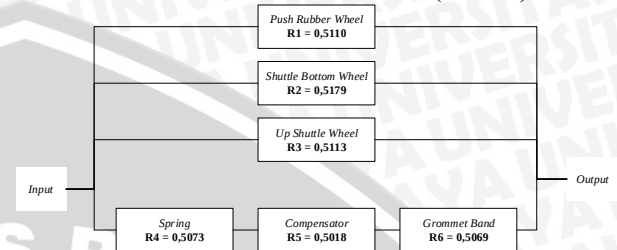
Tabel 15 Perbandingan Keandalan Komponen

Jenis Komponen	R (MTTF)	R (TM)
<i>Push Rubber Wheel</i>	0,5110	0,8095
<i>Shuttle Bottom Wheel</i>	0,5179	0,7922
<i>Up Shuttle Wheel</i>	0,5113	0,7965
<i>Spring</i>	0,5073	0,8319
<i>Compensator</i>	0,5018	0,7836
<i>Grommet Band</i>	0,5069	0,7798

3.4 Perhitungan Keandalan Rangkaian Sistem *Circular loom Unit*

Berikut ini merupakan *Reliability Block Diagram* (RBD) yang disusun berdasarkan keandalan MTTF dan TM subsistem *circular loom unit*.

Perhitungan keandalan rangkaian sistem berdasarkan *Mean Time To Failure* (MTTF).

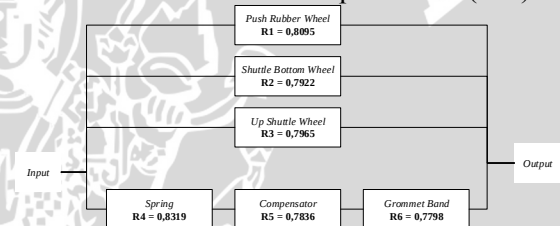


Gambar 2 *Reliability Block Diagram* MTTF

$$R_S \text{ MTTF} = 1 - [1 - (1-R_1)(1-R_2)(1-R_3)] \cdot [1 - (1-R_4 \cdot R_5)(1-R_6)]$$

$$= 1 - [1 - (1-0,5110)(1-0,5179)(1-0,5113)] \cdot [1 - (0,5073 \times 0,5018 \times 0,5069)] = 0,2293$$

Perhitungan keandalan rangkaian sistem berdasarkan interval waktu perawatan (TM).



Gambar 3 *Reliability Block Diagram* TM

$$R_S \text{ TM} = 1 - [1 - (1-R_1)(1-R_2)(1-R_3)] \cdot [1 - (R_4 \cdot R_5 \cdot R_6)]$$

$$= 1 - [1 - (1-0,8095)(1-0,7922)(1-0,7965)] \cdot [1 - (0,8319 \times 0,7836 \times 0,7798)] = 0,5122$$

Keterangan: R_1 = keandalan *push rubber wheel*, R_2 = keandalan *shuttle bottom wheel*, R_3 = keandalan *up shuttle wheel*, R_4 = keandalan *spring*, R_5 = keandalan *compensator*, R_6 = keandalan *grommet band*

3.5 Analisis dan Pembahasan

3.5.1 Analisis Selisih Waktu Produksi Interval Perawatan TM dan MTTF

Tabel perhitungan selisih waktu produksi untuk strategi perawatan berdasarkan MTTF dan TM dapat dilihat pada Lampiran 5.

Diketahui spesifikasi mesin *circular loom* yang digunakan saat penelitian adalah 54 rpm dengan *output* 0,81 m/menit.

Hasil produksi/jam = $0,81 \times 60 = 48,6$ m/jam

Dari hasil perhitungan keandalan dari sistem *circular loom unit* pada pengolahan data sebelumnya, diketahui nilai keandalan

sistem perawatan berdasarkan MTTF yaitu sebesar 0,2293, sedangkan nilai keandalan berdasarkan TM yaitu sebesar 0,5122. Sehingga dapat dilakukan perhitungan selisih hasil produksi karung glangsing per hari.

Hasil produksi dengan strategi TM

$$= (0,5122 \times 24) \times 48,6 = 597,4 \text{ m/hari}$$

Hasil produksi dengan strategi MTTF

$$= (0,2293 \times 24) \times 48,6 = 267,6 \text{ m/hari}$$

Selisih hasil produksi TM dan MTTF

$$= 597,4 - 267,6 = 329,8 \text{ m/hari}$$

Dapat diketahui hasil produksi karung glangsing dengan strategi perawatan TM yang diusulkan lebih besar 38,15% per harinya dibandingkan dengan menggunakan strategi perawatan MTTF yang dilakukan oleh perusahaan saat ini (*existing*).

3.5.2 Analisis Penyusunan Reliability Centered Maintenance (RCM) II

Berdasarkan hasil RCM II *Decision Worksheet*, diperoleh informasi tindakan yang perlu dilakukan untuk penanganan setiap komponen yang mengalami kerusakan adalah *scheduled discard task* dan *scheduled restoration task* sehingga diharapkan dapat mengurangi potensi kerusakan komponen kritis, timbulnya *downtime* tinggi, dan dapat memaksimalkan hasil produksi. Rekapitulasi strategi perawatan dan biaya perawatan dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16 Strategi Perawatan dan Biaya Perawatan

Komponen	Kegiatan Perawatan	Strategi Perawatan	Interval Perawatan (Jam)
Push Rubber Wheel	Scheduled Discard Task	TM	142,4
		Corrective	-
		MTTF	186,38
Shuttle Bottom Wheel	Scheduled Discard Task	TM	146,38
		Corrective	-
		MTTF	186,42
Up Shuttle Wheel	Scheduled Discard Task	TM	188,3
		Corrective	-
		MTTF	241,93
Spring	Scheduled Restoration Task	TM	108,03
		Corrective	-
		MTTF	149,54
Compensator	Scheduled Discard Task	TM	102,83
		Corrective	-
		MTTF	137,13
Grommet Band	Scheduled Discard Task	TM	138,94
		Corrective	-
		MTTF	178,72

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pemilihan komponen kritis dengan menggunakan konsep diagram pareto maka dapat diketahui bahwa terdapat 6 komponen kritis yang berpotensi menimbulkan *downtime* pada mesin *circular loom* SBY-850X6S yaitu komponen *push rubber wheel*, *grommet band*, *spring*, *shuttle bottom wheel*, *up shuttle wheel*, dan *compensator*.
2. Dari 3 alternatif strategi perawatan yang digunakan, yaitu interval perawatan (TM), perawatan *corrective*, dan *Mean Time To Failure* (MTTF), berdasarkan analisis keandalan komponen, interval waktu perawatan, dan perbandingan total biaya perawatan, strategi perawatan yang optimal adalah berdasarkan interval waktu perawatan (TM).
3. Hasil analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II *Decision Worksheet* dan interval perawatan (TM) adalah sebagai berikut:
 - a. Kegiatan yang dilakukan untuk perawatan komponen *push rubber wheel*, *grommet band*, *shuttle bottom wheel*, *up shuttle wheel*, dan *compensator* adalah melakukan penggantian secara terjadwal (*scheduled discard task*). Sedangkan untuk komponen *spring* adalah dengan melakukan perawatan *preventive* untuk menghindari potensi *spring* berkarat (*scheduled restoration task*).
 - b. Interval waktu perawatan optimal komponen *push rubber wheel* 142,4 jam untuk perawatan 7 buah komponen, *shuttle bottom wheel* 146,38 jam untuk perawatan 13 buah komponen, *up shuttle wheel* 188,3 jam untuk perawatan 7 buah komponen, *spring* 108,03 jam untuk perawatan 391 buah komponen, *compensator* 102,83 jam untuk perawatan 391 buah komponen, dan komponen *grommet band* 138,94 jam untuk perawatan 66 buah komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, Ronald T. dan Neri, Lewis. (1990). *RCM Management & Engineering Method. Elsevier Applied Science*, London.
- Assauri, Sofyan. 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Revisi. Penerbit Lembaga FE-UI, Jakarta.
- Besterfield, Dale H. 1996. *Quality Control*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ.
- Besterfield, Dale H. 2003. *Total Quality Management*. New Delhi: Dorling Kindersley.
- Charles, Smith O. 1976. *Introduction to Reliability in Design*. New York: McGraw Hill, Inc Kogakusha, Ltd.
- Corder, A.S. 1996. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Dhillon, B.S, 2006. *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*, Taylor & Francis, Boca Raton.
- Ebelling, C.E.1997. *An introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The Mc.Graw Hill Companier inc.
- F.L,Whitney.1960.*The Elements of Resert.Asian Eds. Osaka: Overseas Co.*
- Moubray, John, 1997. *Reliability Centered Maintenance*. NewYork: Industrial Press Inc.
- O'Connor, Patrick D. T. 2001. *Practical Reliability Engineering*, Fourth Edition, Jonh Wiley & Sons Ltd. England.
- Patton, J. D., 1995, *Preventive Maintenance*, Instrument Society of America, Durham.
- Siswanto, Y. 2010. *Perancangan Preventive Maintenance Berdasarkan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PT. Sinar Sosro*. S-1 Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Sudradjat, Ating. 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung : PT. Refika Aditama
- Sugiyono, 2005, *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Suyadi Prawirosentono, 2001. *Manajemen Operasi : Analisis dan Studi Kasus*, edisi ke 3 cetakan ke1, Jakarta ; PT Bumi Aksara.
- Villemeur, Alain. (1992). *Reliability, Availability, Maintainability, and Safety Assessment Vol 1*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Lampiran 1 Hasil analisis FMEA komponen kritis mesin *circular loom* SBY-850X6S

FMEA WORKSHEET			SISTEM : SISTEM OPERASI CIRCULAR LOOM MACHINE SBY-850X6S								
			SUBSISTEM : CIRCULAR LOOM UNIT								
No	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect			S	O	D	RPN
					Local	System	Plant				
1	Push Rubber Wheel	Berfungsi sebagai roda putar dari shuttle body / layer dan penahan bagian poros samping	Push Rubber Wheel telah habis / tipis	- Kecepatan shuttle wheel terlalu cepat - Push rubber wheel panas - Usia komponen	- Dapat merusak shuttle body - Merusak komponen brake arm	Benang akan putus karena posisi shuttle body tidak seimbang / miring	- Mesin berhenti - Downtime akibat penggantian komponen	5	8	7	280
2	Shuttle Bottom Wheel	Berfungsi sebagai penopang shuttle body / layer bagian bawah	Shuttle Bottom Wheel telah habis / tipis	- Lintasan putar wheel kotor / berdebu - Usia komponen	- Shuttle body macet / tidak berputar - Merusak insertion / penarik shuttle	Shuttle body tidak dapat berputar	- Mesin berhenti - Downtime akibat penggantian komponen	8	8	3	192
3	Up Shuttle Wheel	Berfungsi sebagai roda putar dari shuttle body / layer dan penahan tekanan bagian atas	Up Shuttle Wheel telah habis / tipis	- Up shuttle wheel panas - Usia komponen	- Merusak shuttle body - Posisi shuttle body tidak seimbang	Benang akan putus karena posisi shuttle body tidak seimbang	- Mesin berhenti - Downtime akibat penggantian komponen	5	7	7	245
4	Spring	Berfungsi sebagai pegas dalam proses penenunan pada komponen compensator	Komponen spring berkarat / usang	- Tidak diberi pelumas - Usia komponen spring	Gaya pegas pada komponen compensator tidak bekerja	Komponen compensator sebagai penarik benang tidak bekerja dengan baik	- Mesin berhenti - Downtime - Benang putus	3	9	5	135

Lampiran 1 Hasil analisis FMEA komponen kritis mesin *circular loom* SBY-850X6S (lanjutan)

FMEA WORKSHEET			SISTEM : SISTEM OPERASI CIRCULAR LOOM MACHINE SBY-850X6S									
			SUBSISTEM : CIRCULAR LOOM UNIT									
No	Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect			S	O	D	RPN	
					Local	System	Plant					
5	Compensator	Berfungsi sebagai tuas jarum yang menarik dan melewati benang pada proses penenunan	Komponen <i>compensator</i> bengkok	• Pemasangan komponen tidak pas • Usia komponen	• Berpotensi mengakibatkan komponen <i>spring</i> terlepas atau longgar	• Permukaan hasil perajutan / penenunan lembaran karung tidak rapat	• Mesin berhenti • <i>Downtime</i> akibat penggantian komponen • Benang putus	6	8	4	192	
6	Grommet Band	Berfungsi melewati benang tenun dari komponen <i>compensator</i> untuk menghasilkan gerakan silang pada benang tenun	<i>Grommet Band</i> tipis / mengelupas / putus	• Gesekan pada <i>pulley</i> • Usia komponen	• Berpotensi menimbulkan kerusakan pada komponen lainnya	• Benang tenun mudah tersangkut karena gerakan tidak seimbang	• Mesin berhenti • <i>Downtime</i> akibat penggantian komponen • Benang putus	4	9	7	252	

Lampiran 2 Hasil RCM II *Decision Worksheet*

RCM II Decision Worksheet					Sistem : Circular loom Machine SBY-850X6S										Date		Sheet :	
					Subsistem : Circular loom Machine SBY-850X6S												No :	
					Fungsi Subsistem : Merajut Benang Menjadi Roll Karung												Of :	
Information Reference					Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be Done By	
No.	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
									O1	O2	O3							
									N1	N2	N3							
1	Push Rubber Wheel	1	1	1	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	142,4 Jam	Teknisi	
2	Shuttle Bottom Wheel	1	1	1	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	146,38 Jam	Teknisi	
3	Up Shuttle Wheel	1	1	1	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	188,3 Jam	Teknisi	
4	Spring	1	1	1	N	Y	N	Y	Y	Y	N	-	-	-	Scheduled restoration task	108,03 Jam	Operator	
5	Compensator	1	1	1	N	Y	N	Y	Y	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	102,83 Jam	Teknisi	
6	Grommet Band	1	1	1	N	Y	N	Y	Y	N	Y	-	-	-	Scheduled discard task	138,94 Jam	Teknisi	

Lampiran 3 Rekapitulasi TC Berdasarkan Interval Perawatan (TM)

Komponen	TM (Jam)	Probabilitas Rusak	Probabilitas Baik	C _F	C _M	TC
Push Rubber Wheel	142,4	0,1904	0,8096	Rp 27.401.479	Rp 81.117.840	Rp 108.519.320
Shuttle Bottom Wheel	146,38	0,2303	0,7697	Rp 28.384.983	Rp 73.290.827	Rp 101.675.810
Up Shuttle Wheel	188,3	0,2034	0,7966	Rp 15.539.655	Rp 45.895.019	Rp 61.434.673
Spring	108,03	0,168	0,832	Rp 18.766.643	Rp 51.529.711	Rp 70.296.354
Compensator	102,83	0,2163	0,7837	Rp 21.302.355	Rp 49.145.037	Rp 70.447.392

Lampiran 4 Rekapitulasi TC Berdasarkan Mean Time To Failure (MTTF)

Komponen	MTTF (Jam)	Probabilitas Rusak	Probabilitas Baik	C _F	C _M	TC
Push Rubber Wheel	186,38	0,4889	0,5111	Rp 53.757.342	Rp 39.125.729	Rp 92.883.071
Shuttle Bottom Wheel	186,42	0,4936	0,5064	Rp 47.770.424	Rp 37.862.656	Rp 85.633.079
Up Shuttle Wheel	241,93	0,4886	0,5114	Rp 29.053.902	Rp 22.932.245	Rp 51.986.147
Spring	149,54	0,4926	0,5074	Rp 39.751.976	Rp 22.702.404	Rp 62.454.380
Compensator	137,13	0,4981	0,5019	Rp 36.785.360	Rp 23.601.216	Rp 60.386.576
Grommet Band	178,72	0,493	0,507	Rp 45.731.950	Rp 34.988.665	Rp 80.720.616

Lampiran 5 Perhitungan Selisih Waktu Produksi Strategi Perawatan MTTF dan TM

Jenis Kerusakan Komponen	Strategi	Interval Perawatan (jam)	Keandalan	TC	Selisih Biaya	Selisih Keandalan	Selisih Waktu Produksi
Push Rubber Wheel Tipis	TM	142,4	0,8095	Rp 108.519.320	Rp 15.636.249	0,2985	7,16 jam
	MTTF	186,38	0,511	Rp 92.883.071			
Shuttle Bottom Wheel Tipis	TM	146,38	0,7922	Rp 101.675.810	Rp 16.042.731	0,2743	6,58 jam
	MTTF	186,42	0,5179	Rp 85.633.079			
Up Shuttle Wheel Tipis	TM	188,3	0,7965	Rp 61.434.673	Rp 9.448.526	0,2852	6,84 jam
	MTTF	241,93	0,5113	Rp 51.986.147			
Spring Berkarat	TM	108,03	0,8319	Rp 70.296.354	Rp 7.841.974	0,3246	7,79 jam
	MTTF	149,54	0,5073	Rp 62.454.380			
Compensator Bengkok	TM	102,83	0,7836	Rp 70.447.392	Rp 10.060.816	0,2818	6,76 jam
	MTTF	137,13	0,5018	Rp 60.386.576			
Grommet Band Mengelupas	TM	138,94	0,7798	Rp 95.494.233	Rp 14.773.617	0,2729	6,55 jam
	MTTF	178,72	0,5069	Rp 80.720.616			

