

ANALISIS RELIABILITAS PADA MESIN MEISA KHUSUSNYA KOMPONEN PISAU *PAPER BAG* UNTUK MEMPEROLEH JADUAL PERAWATAN PREVENTIF

ENNY SUPARTINI¹, SOEMARTINI² DAN NENENG SUNENGSIH³

¹Departemen Statistika FMIPA UNPAD Bandung¹, arthinii@yahoo.com

²Departemen Statistika FMIPA UNPAD Bandung², tine_soemartini@yahoo.com

³Departemen Statistika FMIPA UNPAD Bandung³, nenks.stat@gmail.com

Abstrak. Pemeliharaan suatu mesin pada perusahaan yang bergerak di bidang industri, merupakan sesuatu hal yang sangat penting, karena apabila mesin tersebut tiba-tiba rusak pada saat mesin tersebut beroperasi untuk produksi, maka kerugian besar bagi perusahaan akan terjadi, oleh karena itu pemeliharaan mesin sangatlah penting. Salah Satu perusahaan yang memproduksi teh dalam kemasan siap saji, salah satu mesin yang penting untuk mendukung proses produksi adalah Mesin Meisa dan salah satu komponen yang pentingnya adalah komponen Pisau Paper Bag yang sering mengalami kerusakan, oleh karena itu dilakukan analisis reliabilitas terhadap komponen tersebut, berdasarkan analisis data kerusakan komponen diperoleh data mengikuti distribusi *Weibull* dua parameter dengan parameter bentuk $\hat{\beta} = 0.872499$ dan parameter skala $\hat{\theta}=25.43551$, karena $\hat{\beta}<1$ maka kondisi mesin dalam kondisi periode *Burn-in* sehingga tidak dapat diperoleh waktu perawatan preventif yang optimum, sebagai penggantinya dapat digunakan MTTF sebagai waktu penggantian komponen Pisau *Paper Bag* yaitu pisau harus diganti setelah beroperasi selama 27,23 jam dengan menggunakan jadwal perawatan ini perusahaan dapat mereduksi biaya dari Rp. 18.575.000,00 menjadi Rp. 15.680.439,00, jadi hemat sebesar 15.5831%.

Kata kunci : : Perawatan Preventif, Biaya Minimum, MTTF, Komponen Pisau *Paper Bag*

1. Pendahuluan

Mesin merupakan salah satu penunjang yang sangat penting dalam sektor industri untuk mempercepat proses produksi. Oleh karena itu, kelancaran mesin merupakan hal yang sangat penting bagi suatu perusahaan karena apabila terjadi kerusakan mesin pada saat produksi maka akan menghambat produktifitas perusahaan yang berakibat pada terjadinya kerugian pada perubahan tersebut. Pada salah satu perusahaan yang memproduksi the siap saji dalam proses produksinya menggunakan mesin Maisa untuk memproduksi kemasan dengan bentuk *single chamber*. Pada waktu tertentu mesin akan mengalami kerusakan saat proses produksi sehingga agar proses produksi tetap berjalan, perusahaan melakukan perawatan mesin yang bersifat *breakdown maintenance*, yaitu perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Perawatan ini dapat mengakibatkan penggunaan *staff* yang tidak efisien dan menghambat proses produksi, oleh karena itu dibutuhkan analisis reliabilitas untuk menjadwalkan pemeliharaan komponen tersebut sesuai dengan distribusi kerusakan dari komponen pada mesin tersebut. Pada penelitian ini, komponen yang akan diteliti adalah komponen dengan frekuensi kerusakan paling tinggi pada mesin Maisa yaitu komponen Pisau *Bag* karena apabila komponen ini mengalami kerusakan akan menyebabkan potongan *tea bag* yang tidak merata dan *filter paper* menjadi kusut sehingga memberikan kontribusi yang cukup besar dalam menghasilkan produk cacat. Biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan akibat terjadinya kerusakan komponen Pisau *Bag* cukup besar yaitu biaya teknisi, biaya pekerja, biaya *opportunity* dan

harga komponen, hal ini akan sangat merugikan perusahaan sehingga harus dicari solusinya untuk efisiensi bagi perusahaan.

Kerusakan pada komponen Pisau *Bag* tidak dapat diprediksi atau bersifat acak sehingga nilai reliabilitas komponen diketahui berdasarkan distribusi peluang yang sesuai dengan data kerusakan. Selain itu dalam menentukan waktu perawatan komponen dengan metode *preventive maintenance* berdasarkan pada analisis reliabilitas komponen Pisau *Bag*.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan studi kepustakaan, dengan membahas teori-teori dari majalah ilmiah dan *text books* dan mengaplikasikannya dikasus tertentu. Teori yang dibahas adalah Analisis Reliabilitas yaitu membahas mengenai keandalan dari suatu alat, mesin ataupun suatu komponen yang diaplikasikan di bidang industri. Menurut (Ebeling, 1997). Definisi reliabilitas adalah : “probabilitas sebuah komponen, sub sistem atau sistem melakukan fungsinya dengan baik seperti yang dipersyaratkan, dalam kurun waktu tertentu dan dalam kondisi operasi tertentu”. Reliabilitas berhubungan erat dengan tingkat kegagalan suatu komponen atau sistem pada periode waktu tertentu karena jika tingkat reliabilitas tinggi maka tingkat kegagalan komponen mengalami kerusakan rendah atau sebaliknya. Reliabilitas suatu komponen dapat dilihat dari fungsi distribusi kerusakan dan fungsi distribusi kumulatif. Menurut Lyonnet (1991) Pada umumnya, karakteristik dari kerusakan setiap mesin tidaklah sama terutama jika dioperasikan dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Suatu peralatan maupun mesin yang memiliki karakteristik dan dioperasikan dalam kondisi yang sama juga mungkin akan memberikan nilai selang waktu antar kerusakan yang berlainan, hal ini ada hubungannya dengan perawatan pencegahan kerusakan dari suatu mesin atau komponen dari mesin (*preventive maintenance*).

Teori yang dikaji dalam penelitian ini diaplikasikan di bidang industri yaitu di salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi teh instan dalam kemasan, salah satu mesin yang diamati adalah Mesin Meisa. Mesin Maisa sebagai mesin utama produksi kemasan pada the siap saji, keandalan mesin tersebut harus diperhatikan. Oleh karena itu, dibutuhkan pemeliharaan untuk komponen pada mesin Maisa agar mesin dapat beroperasi semaksimal mungkin. Salah satu cara untuk dapat mengestimasi kemampuan suatu komponen pada Mesin Meisa dapat berfungsi dengan baik selama waktu tertentu adalah dengan menggunakan analisis reliabilitas. Berdasarkan hasil analisis reliabilitas tersebut, peneliti dapat menentukan perawatan yang sesuai untuk mesin Maisa.

2.1. Fungsi Reliabilitas dan Fungsi Distribusi Kumulatif

Reliabilitas didefinisikan sebagai peluang bahwa sistem akan berfungsi hingga waktu tertentu (t) dan fungsi distribusi kumulatif merupakan fungsi yang menggambarkan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu t (Ebeling,1997). Untuk mengungkapkan hubungan ini secara matematis ditetapkan variabel acak kontinu T sebagai waktu untuk kegagalan sistem; $T \geq 0$ maka fungsi reliabilitas didefinisikan sebagai berikut :

$$R(t) = \Pr\{T \geq t\} \quad (1)$$

$R(t)$ menunjukkan probabilitas bahwa kegagalan tidak akan terjadi sebelum t , atau probabilitas bahwa waktu kerusakan lebih besar atau sama dengan t .

Sedangkan fungsi distribusi kumulatif sebagai berikut :

$$F(t) = 1 - R(t) = \Pr\{T < t\} \quad (2)$$

dan fungsi densitas peluang $f(t)$ menggambarkan bentuk dari *failure distribution* yang memiliki dua sifat, yaitu : $f(t) \geq 0$ dan $\int_0^{\infty} f(t) dt = 1$, sehingga :

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (3)$$

$$\text{dan } R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (4)$$

dari Persamaan (2.3) dan (2.4) maka diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (5)$$

Dalam reliabilitas terdapat dua konsep yang menggambarkan reliabilitas komponen atau sistem yaitu *Mean Time to Failure* dan Fungsi Hazard.

2.2. Mean Time to Failure

Menurut O'Connor dan Patrick. (2002) *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah rata-rata jangka waktu suatu komponen atau sistem akan beroperasi setelah diperbaiki sampai terjadinya kerusakan kembali. Nilai MTTF didefinisikan sebagai:

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (6)$$

$$\text{Karena } f(t) = -R'(t) = -\frac{dR(t)}{dt}$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} -\frac{dR(t)}{dt} t dt$$

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

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (7)$$

2.3. Fungsi Hazard

Fungsi hazard atau laju kerusakan adalah banyaknya sistem atau komponen mengalami kegagalan atau kerusakan yang dihitung per satuan waktu (Ebeling, 1997). Laju kerusakan dilambangkan dengan $h(t)$ atau $\lambda(t)$. Jika sebuah sistem berfungsi dalam selang $(t, t+\Delta t)$ maka didefinisikan:

$$\begin{aligned} \Pr\{t \leq T \leq t + \Delta t\} &= \int_t^{t+\Delta t} f(t) dt \\ &= F(t + \Delta t) - F(t) \\ &= R(t) - R(t + \Delta t) \end{aligned} \quad (8)$$

Fungsi peluang bersyarat bahwa suatu sistem akan berfungsi dalam selang waktu $(t+\Delta t)$ adalah

$$Pr\{t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t\} = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)}$$

Maka peluang bersyarat kegagalan atau kerusakan persatuan waktu sebagai berikut:

$$\frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t) \Delta t}$$

Fungsi peluang bersyarat kerusakan per unit waktu (laju kerusakan)

$$\lambda(t) = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t) \Delta t} \text{ untuk } \Delta t \rightarrow 0$$

Persamaan (2.9) diturunkan terhadap Δt sehingga dapat dinyatakan menjadi

$$\begin{aligned} \lambda(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{-[R(t + \Delta t) - R(t)]}{\Delta t} \times \frac{1}{R(t)} \\ &= \frac{-dR(t)}{dt} \frac{1}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \\ \lambda(t) &= \frac{-dR(t)}{dt} \frac{1}{R(t)} \text{ maka } \lambda(t) dt = \frac{-dR(t)}{R(t)} \end{aligned} \quad (9)$$

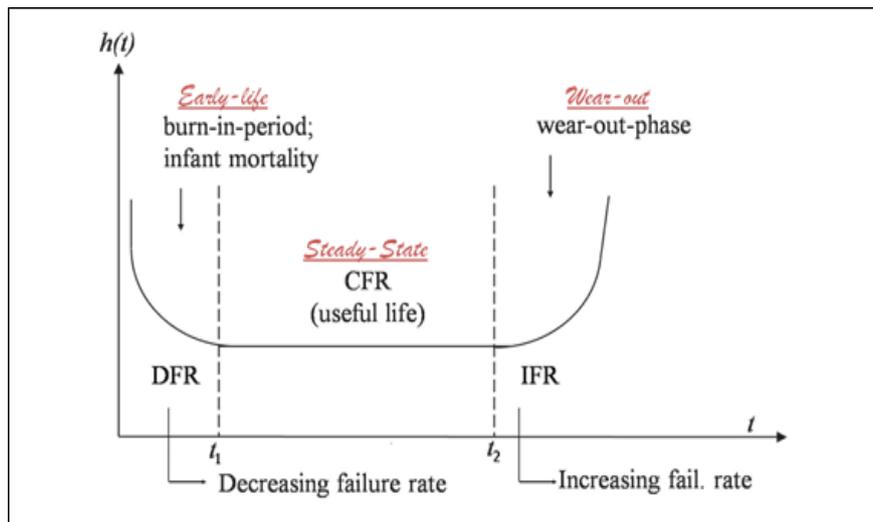
sehingga

$$\int_0^t \lambda(t) dt = \int_1^{R(t)} \frac{-dR(t)}{R(t)}$$

dalam hal ini $R(0) = 1$ menetapkan dalam integral di sisi kanan

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln R(t) \text{ sehingga } R(t) = \exp\left\{-\int_0^t \lambda(t) dt\right\} \quad (10)$$

Laju kerusakan $\lambda(t)$ suatu mesin atau sistem dapat meningkat (*increasing*), menurun (*decreasing*) atau konstan, masing-masing dinotasikan dengan IFR, DFR dan CFR. Biasanya digambarkan dalam sebuah kurva yang disebut sebagai *Bathtub Curve*.



Gambar 1. *Bathtub Curve*

2.4. Menentukan Perawatan Preventif

Tahapan analisis data untuk menentukan perawatan preventif mesin Meisa yang dapat memaksimumkan reliabilitas dan meminimumkan biaya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian kecocokan bentuk distribusi peluang (*Goodness of Fit Test*) untuk waktu antar kerusakan mesin atau komponen. Pengujian yang dilakukan bisa menggunakan Uji Mann untuk uji kecocokan distribusi Weibul, Uji Barlett untuk distribusi Eksponensial dan Uji *Kolmogorov Smirnov* untuk distribusi normal dan Log normal, juga untuk distribusi lainnya
2. Melakukan penaksiran parameter. Karena bentuk distribusinya sudah diketahui maka digunakan *Maximum Likelihood Estimation (MLE)*.
3. Menentukan fungsi intensitas seperti pada persamaan (9), kemudian lakukan uji fungsi intensitas untuk mengetahui apakah konstan atau membentuk tren, ketika konstan gunakan Constant Failure rate (CFR), dan apabila fungsi intensitas membentuk tren maka gunakan model perawatan preventif optimum

2.4.1. Uji kecocokan bentuk distribusi peluang

Menurut Lyonnet (1991) langkah-langkah uji kecocokan distribusi peluang yaitu:

Rumusan hipotesisnya :

$H_0 : F_n(T) = F_0(T)_{\text{tertentu}}$, artinya data waktu antar kerusakan mengikuti distribusi tertentu

$H_1 : F_n(T) \neq F_0(T)_{\text{tertentu}}$, artinya data waktu antar kerusakan tidak mengikuti distribusi tertentu

Tentukan kekeliruan yang masih bisa ditolerir sebesar α

Statistik uji :

- Uji *Mann*,

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{n-1} \left(\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left(\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \quad (11)$$

dengan $k_1 = \frac{n}{2}$; $k_2 = \left(\frac{n-1}{2} \right)$; $M_i = Z_{i+1} - Z_i$; $Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0.05}{n+0.25} \right) \right]$

Keterangan :

M : nilai uji statistik untuk Uji *Mann*

t_i : data waktu kumulatif antar kerusakan ke- i

$t_i + 1$: data waktu kumulatif antar kerusakan ke- $(i+1)$

n : jumlah unit yang diamati

i : nomor data kerusakan (1,2,3,...,n)

Kriteria Uji : Untuk nilai $\alpha = 0.05$, tolak H_0 jika $M \geq F_{\alpha;v_1;v_2}$ dengan $v_1 = 2k_1$ dan $v_2 = 2k_2$ dan tolak dalam hal lainnya.

- Uji *Barlett*

$$B = \frac{2n \left\{ \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \right] - \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t_i \right] \right\}}{1 + \frac{(n+1)}{6n}} \quad (12)$$

Keterangan :

B : nilai uji statistik untuk uji *Barlett*

t_i : data waktu kerusakan ke- i

n : banyak kerusakan yang terjadi

Kriteria Uji : Tolak H_0 jika $\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \leq B \leq \chi^2_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$ dengan $df = n - 1$, maka dan terima dalam hal lainnya.

- Uji *Kolmogorov-Smirnov*

$$D_n = \max_t \{D_1, D_2\} \quad (13)$$

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\} \quad (14)$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad (15)$$

Keterangan :

t_i : data waktu antar kerusakan ke- i

s : standar deviasi

n : banyaknya data kerusakan

Kriteria Uji : Untuk nilai $\alpha = 0.05$ tolak H_0 jika $D \geq$ nilai kritis yang diperoleh dari tabel *Kolmogorov* dan terima dalam hal lainnya.

2.4.2. Penaksiran Parameter

Dengan menggunakan metode *maksimum likelihood estimation* untuk data yang mengikuti *Exponential Law* dan mengikuti *Power Law Process*. Menurut Ginos dan Brenda F. (2009) Fungsi densitas gabungan dari waktu kegagalan $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ yang mempunyai fungsi intensitas $\lambda(t)$ adalah

$$f(t_1, t_2, \dots, t_n) = \left(\prod_{i=1}^n \lambda(t_i) \right) \exp \left(- \int_0^{t_n} \lambda(t) dt \right) \quad (16)$$

sehingga taksiran parameter untuk data yang mengikuti *Exponential Law* pada Lampiran 6.2 adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n t_i + \frac{n}{\hat{\beta}} - \frac{nt_n e^{\hat{\beta} t_n}}{e^{\hat{\beta} t_n} - 1} = 0 \quad (17)$$

$$\hat{\alpha} = \ln \left[\frac{n\hat{\beta}}{(e^{\hat{\beta} t_n} - 1)} \right] \quad (18)$$

Nilai $\hat{\beta}$ diperoleh dengan metode iterasi, setelah $\hat{\beta}$ diketahui maka $\hat{\alpha}$ diperoleh dengan mensubstitusikan nilai $\hat{\beta}$ ke dalam Persaman (3.13). Taksiran parameter untuk data yang mengikuti *Power Law Process* adalah sebagai berikut:

$$\hat{\theta} = \frac{t_n}{n\hat{\beta}} \quad (19)$$

$$\hat{\beta} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\ln \frac{t_n}{t_i} \right)} \quad (20)$$

Dengan fungsi intensitas dengan menggunakan persamaan (9) diperoleh sebagai berikut :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \quad (21)$$

2.4.1. Uji Fungsi Intensitas

Uji intensitas menggunakan *Power Law Process* bertujuan untuk melihat adanya trend pada data waktu kerusakan. Jika pada data waktu kerusakan terdapat trend maka data mengikuti *Non Homogenous Poisson Process*.

Hipotesis :

H_0 : $\beta = 1$, artinya fungsi intensitas konstan

H_1 : $\beta \neq 1$, artinya fungsi intensitas tidak konstan

α : 0.05

Statistik Uji:

$$\chi^2 = \frac{2n}{\hat{\beta}} \quad (22)$$

Keterangan :

n : jumlah kegagalan

$\hat{\beta}$: taksiran parameter untuk distribusi peluang hasil uji kecocokan distribusi

Kriteria Uji: Tolak H_0 jika $\chi^2_{2(n-1),(\frac{\alpha}{2})} \leq \frac{2n}{\hat{\beta}} \leq \chi^2_{2(n-1),1-(\frac{\alpha}{2})}$. Terima dalam hal lainnya.

Menurut Patton (1995) Jika fungsi intensitas membentuk tren berarti mengikuti *Non Homogenous Poisson Process (NHPP)* maka dapat ditentukan waktu perawatan optimum dengan meminimumkan biaya dengan fungsi biaya sebagai berikut:

$$TC = \frac{C_f}{T} \int_0^T \lambda(t) dt + \frac{C_p}{T} \quad (23)$$

Dengan $\lambda(t)$ untuk distribusi Weibull seperti pada persamaan (21) maka, sebagai berikut :

$$TC = C_f \frac{T^{\beta-1}}{\theta^\beta} + \frac{C_p}{T} \quad (24)$$

Untuk meminimumkan biaya per unit waktu, $\frac{dTC}{dt} = 0$,

$$\frac{dTC}{dt} = C_f \frac{(\beta - 1)T^{\beta-2}}{\theta^\beta} - \frac{C_p}{T^2} = 0 \quad (25)$$

sehingga persamaan dalam menentukan waktu perawatan optimum untuk data yang mengikuti *Power Law Process* adalah :

$$T^* = \left[\frac{C_p \hat{\theta}^\beta}{C_f (\hat{\beta} - 1)} \right]^{\frac{1}{\hat{\beta}}} \quad (26)$$

Keterangan:

C_p : Biaya perawatan yang terdiri dari biaya teknisi

C_f : Biaya penggantian atau perbaikan yang terdiri dari biaya teknisi, dan biaya *opportunity*.

T : Waktu perawatan komponen dalam jam

$R(t)$: Reliabilitas mesin hingga periode ke t

$f(t)$: Fungsi densitas peluang dari data kerusakan komponen.

$\lambda(t)$: Fungsi intensitas dari NHPP

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data waktu antar kerusakan komponen pisau paper bag pada Mesin Meisa seperti dapat dilihat di Lampiran 1. Dengan mengeksplor data memperlihatkan bentuk histogramnya cenderung mengikuti distribusi Weibull maka dilakukan uji kecocokan distribusi dengan uji Mann dan hasil uji hipotesisnya dengan statistik uji seperti pada persamaan (1) diperoleh $M=0,5759$, dengan $\alpha=0,05$ maka diperoleh $F_{\alpha(34,33)} = 1,7825$ maka $M < F_{\alpha(34,33)}$ maka hipotesis nol (H_0) diterima berarti data waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull dua parameter. Berdasarkan estimasi parameter untuk distribusi Weibull seperti pada persamaan (19) dan (20) maka diperoleh didapatkan nilai parameter $\hat{\beta}=0.8725$ dan $\hat{\theta}=25.4355$, kemudian dilakukan uji fungsi intensitas dengan statistik uji seperti pada persamaan (22) diperoleh $X_{hitung}=80,22$ dengan $\alpha=0.05$ diperoleh $X_{0,975,v=70}=47,0$ maka H_0 ditolak, tetapi karena nilai parameter $\hat{\beta}<1$ maka tren fungsi intensitasnya menurun berarti laju kerusakan komponen pisau paper bag ada dalam periode DFR seperti dapat dilihat pada Gambar 1. *Bathtub Curve* maka nilai optimum untuk perawatan preventif mesin tidak bisa diperoleh, sebagai solusinya digunakan MTTF seperti pada persamaan (6) dan (7) diperoleh hasil perhitungan MTTF=27,23 jam. Berdasarkan perhitungan dari perusahaan, biaya yang harus dikeluarkan bila terjadi kerusakan adalah Rp. 18.575.000,00 sedangkan kalau penggantian komponen menggunakan MTTF berdasarkan hasil perhitungan diperoleh biaya sebesar Rp. 15.680.000,00 jadi perusahaan dapat menghemat biaya sebesar Rp. 2.894.561,00.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis Reliabilitas merupakan salah satu alat untuk membantu bidang industri salah satunya untuk menentukan interval perawatan peralatan industri yang tujuannya untuk efisiensi biaya perawatan peralatan.
2. Dari hasil analisis data diperoleh bahwa distribusi waktu antar kerusakan komponen berdistribusi *Weibull* dengan parameter bentuk $\hat{\beta}=0.8725$ dan parameter letak $\hat{\theta}=25.4355$. karena $\hat{\beta}<1$ maka laju kerusakan komponen menurun berarti berada pada periode *Decreasing Failure Rate* maka tidak bisa diperoleh interval waktu perawatan komponen yang optimum sehingga sebagai solusinya digunakan MTTF dan diperoleh interval waktu penggantian komponennya 27,23 jam dengan biaya yang harus dikeluarkan dari Rp. 18.575.000,00 menjadi Rp. 15.680.000,00 sehingga memperoleh efisiensi biaya sebesar 18,46%.

Referensi

- [1] Ebeling, Charles E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore : The Mc-Graw Hill Companies, Inc.
- [2] E, Kiyak. (2012). "The Effect of Aircraft Preventive maintenance on Reliability". *Journal*. Issue 1, Volume6, <http://www.universitypress.org.uk/journals/ami/17-461.pdf>, 15 November 2016.

- [3] Ginos, Brenda F. (2009), Parameter Estimation for the Lognormal Distribution. Thesis Department of Statistics Brigham Young University.
- [4] Lyonnet, P. (1991). Maintenance Planning Mathematic and Methods. London: Chapman & Hall.
- [5] O'Connor, Patrick. (2002). Practical Reliability Engineering. Fourth Edition. John Wiley & Sons, LTD.
- [6] Patton, J. D., (1995), Preventive maintenance, 2nd ed., Instrument Society of America, Durham.

Lampiran 1

Data Kerusakan Komponen Pisau *Bag* pada Mesin Maisa

NO	Tanggal Kerusakan	Perbaikan		Downtime (menit)	TTF		TTF (jam)
		Mulai	Selesai		jam	menit	
1	21-05-15	0:45	1:00	15			
2	21-05-15	4:25	4:40	15	3	25	3.417
3	22-05-15	2:45	2:55	10	21	45	21.750
4	08-06-15	18:50	19:05	15	31	55	31.917
5	13-06-15	3:30	3:40	10	119	40	119.667
6	16-06-15	4:20	4:30	10	48	40	48.667
7	29-06-15	13:40	14:00	20	46	10	46.167
8	02-07-15	9:00	9:10	10	46	0	46.000
9	10-07-15	22:15	22:35	20	80	5	80.083
10	13-07-15	5:00	5:10	10	4	25	4.417
11	13-07-15	13:25	13:35	10	3	15	3.250
12	23-07-15	7:20	7:40	20	33	45	33.750
13	24-07-15	5:30	5:40	10	29	50	29.833
14	27-07-15	10:15	10:30	15	11	15	11.250
15	31-07-15	22:00	22:20	20	83	30	83.500
16	31-07-15	1:00	1:10	10	2	40	2.667
17	03-08-15	6:30	6:45	15	29	20	29.333
18	05-08-15	9:30	9:45	15	35	45	35.750
19	05-08-15	11:00	11:15	15	1	15	1.250
20	06-08-15	11:30	11:55	25	24	15	24.250
21	07-08-15	15:10	15:25	15	29	15	29.250
22	07-08-15	4:00	4:20	20	12	35	12.583
23	18-08-15	4:15	4:30	15	105	55	105.917
24	19-08-15	10:30	10:40	10	6	0	6.000
25	19-08-15	0:15	1:15	60	5	35	5.583
26	20-08-15	13:30	13:40	10	12	15	12.250
27	20-08-15	0:10	1:10	60	2	30	2.500
28	21-08-15	7:00	7:10	10	5	50	5.833
29	16-10-15	11:00	11:35	35	315	20	315.333
30	21-10-15	9:00	9:15	15	15	25	15.417

31	21-10-15	11:50	12:00	10	2	35	2.583
32	21-10-15	13:30	13:55	25	1	30	1.500
33	26-10-15	8:00	8:10	10	12	5	12.083
34	02-12-15	8:15	8:35	20	201	5	201.083
35	08-12-15	11:35	11:50	15	63	0	63.000

Sumber Divisi Produksi PT. Z