

ANALISIS KEANDALAN PADA KOMPONEN MESIN PENCETAK KORAN WEBB OFFSET

Dyah Retno P¹, Haris F²

ABSTRACT

PT Temprina Media Grafika is one of Jawa Pos Group Company that print newspaper and magazine. To decline when they have to buy machine component of newspaper printer which very needed can be found with measuring component reliability to keep maintaining. Based on Kolmogorov – Smirnov test can be found each component's distribution to find variables which used to count reliability function.

From analysis we can get an order quantity interval eight months for pin folding, six months for V-Belt Folding, and ten months for cutting rubber. Using the reliability consideration of component so cycle cost can be counted about Rp 13.394.403,90 for pin folding, Rp 1.384.106,72 for V-Belt folding, and Rp 3.556.440,51 for cutting rubber.

Key Words : Reliability, Stock, Maintenance

PENDAHULUAN

PT. Temprina Media Grafika adalah salah satu anak perusahaan JAWA POS yang bergerak di bidang jasa percetakan koran dan majalah di daerah jawa timur seperti Memorandum, Malang Pos, Radar Surabaya, Liberty, Agrobisnis, maupun, media cetak lainnya

Untuk mengetahui kapan harus memesan komponen mesin pencetak koran yang dibutuhkan guna menunjang pemeliharaan dapat diketahui dengan mengukur keandalan komponen. Keandalan suatu sistem akan tinggi bila sistem tersebut dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Untuk mengukur tingkat keandalan suatu komponen dapat digunakan sejumlah parameter yang ada dalam tehnik keandalan

(*reliability engineering*). Parameter - parameter tersebut antara lain rata - rata lama pakai (*mean time to failure*) dan laju kerusakan (*failure rate*), serta pada kasus dimana sistem dapat diperbaiki, juga dapat dipakai ketersediaan (*avaibility*) dan lama perbaikan (*time to repair*).

Mesin pencetak koran jenis Webb Offset adalah mesin yang diimpor dari negeri Jerman. Mesin ini memiliki double plate sehingga mampu mencetak 50.000 eksemplar / jam. PT.Temprina Media Grafika memiliki 4 buah mesin jenis Webb Offset.

Berdasarkan perlakuan yang diberikan selama penggunaannya maka komponen dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

1. Condition Monitored Item
2. On Condition Item
3. Hard Time Maintenance.

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Industri & ²⁾ Alumni Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik UMM

TINJAUAN PUSTAKA

Keandalan

Keandalan didefinisikan dalam hal kinerja suatu sistem untuk memenuhi fungsi yang diharapkan, dan tidak ada perbedaan yang dibuat di lingkup kerusakan. Suatu sistem dikatakan rusak apabila ia berhenti memenuhi fungsi yang diinginkan. Apabila berhentinya suatu fungsi sistem seperti: mesin berhenti bekerja, peralatan komunikasi dalam sistem mati, maka sistem dalam keadaan benar-benar rusak. Selain itu sangat penting untuk mendefinisikan bentuk lain dari kerusakan, seperti kemunduran kinerja atau fungsi yang tidak stabil. Jadi motor yang tidak dapat lagi mengerjakan tekanan spesifik, operasi yang tersendat-sendat atau arus berlebih pada peralatan elektronik serta mesin produksi yang hasilnya diluar batas toleransi adalah bentuk lain dari kerusakan.

Deskripsi Kerusakan

Dalam analisa keandalan, kondisi peralatan yang beroperasi melaksanakan misinya dibagi dalam 2 state, yang baik dan rusak. Untuk menyatakan state ini adalah sebagai berikut. Misalkan:

X : State dari sistem/peralatan yang merupakan variabel random.

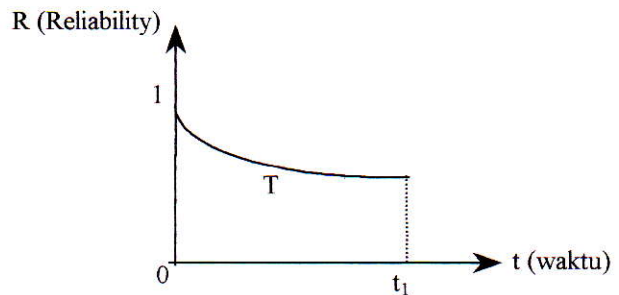
$X = 1$: Sistem/peralatan dapat berfungsi dengan baik.

$X = 0$: Sistem/peralatan dalam kondisi rusak.

State dari keandalan merupakan proses stokastik. Karena merupakan fungsi dari

waktu, maka:

$X(t)$: merupakan proses stokastik



Gambar 1

Keadaan Keandalan

dimana:

T : lamanya peralatan beroperasi sampai mengalami kerusakan (merupakan variabel random)

t : masa pakai komponen atau peralatan

Kerusakan dapat dinyatakan dengan variabel random T atau dapat pula dinyatakan dengan proses stokastik $X(t)$.

Hubungannya adalah:

$$T > t \leftrightarrow X(t) = 1$$

$$T \leq t \leftrightarrow X(t) = 0$$

Sehingga diperoleh:

$$P(X(t) = 1) = P(T > t)$$

$$P(X(t) = 0) = P(T \leq t)$$

$P(X(t) = 1)$: Probabilitas bahwa peralatan tersebut masih beroperasi pada saat t

t : menyatakan fungsi waktu

Fungsi Keandalan

Sebagai probabilitas suatu sistem dapat berjalan dengan baik untuk melaksanakan tugas tertentu. Karena merupakan nilai probabilitas maka R bernilai $0 \leq R \leq 1$.

$R = 1$: Sistem dapat melakukan fungsinya dengan baik

$R = 0$: Sistem tidak dapat melakukan tugas dengan baik

$R = 0,7$: Probabilitas suatu sistem dapat berfungsi dengan baik = 0,7

$R = 0,3$: Probabilitas suatu sistem tidak dapat berfungsi dengan baik = 0,3

Karena keandalan juga ditentukan oleh waktu sebagai variabel random, maka diperlukan suatu fungsi keandalan.

Dinotasikan :

$R(t)$: berapa keandalan sistem jika dipakai selama t satuan waktu

: probabilitas sistem dapat berfungsi dengan baik selama pemakaian $[0, t]$

Sehingga :

$$\begin{aligned} R(t) &= P(\text{peralatan beroperasi}) \\ &= P(X(t) = 1) \\ &= P(T > t) \\ &= 1 - P(T \leq t) = 1 - F(t) \end{aligned}$$

Dimana $F(t)$ merupakan fungsi distribusi kumulatif (*Cumulative Distribution Function/CDF*) umur (*life time*) sistem, atau fungsi distribusi kerusakan. Jika probabilitas fungsi kerapatan (*Probability Density Function/PDF*) merupakan turunan dari $F(t)$, maka :

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

$$f(t) = \frac{d(1 - R(t))}{dt}$$

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

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt$$

Sehingga :

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

Dari persamaan di atas jelas bahwa :

$$R(0) = \int_0^{\infty} f(t)dt = t \Big|_0^{\infty}$$

karena $\lim_{\infty} \rightarrow 1$ maka :

$$R(0) = 1$$

$$R(\infty) = \int_{\infty}^{\infty} f(t)dt = t \Big|_{\infty}^{\infty} = 0$$

Laju Kerusakan

Dengan probabilitas bersyarat, hal ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$\lambda(t)\Delta t = P(T < t + \Delta t \mid T > t)$$

Dari persamaan definisi probabilitas bersyarat, diperoleh

$$P(T < t + \Delta t \mid T > t) = \frac{P((T > t) \cap (T < t + \Delta t))}{P(T > t)}$$

Dari definisi *Probability Density Function* (PDF) diketahui bahwa :

$$P((T > t) \cap (T < t + \Delta t)) = f(t)\Delta t$$

sedangkan $P(T > t) = R(t)$

Maka :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Dengan mengintegrasikan persamaan – persamaan diatas didapat

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt}$$

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

$$= -\ln R(t) \Big|_0^t$$

$$= -\ln R(t) + \ln R(0)$$

$$= -\ln R(t)$$

Maka :

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Laju kerusakan di atas dikenal sebagai fungsi kerusakan atau *Hazart Function* atau *Instantaneous Failure, h(t)* :

$$\int_0^t h(t) dt = H(t)$$

disebut *Integral Hazart Function*, sehingga :

$$R(t) = e^{-H(t)}$$

Mean Time To Failure

Rata-rata waktu antar kerusakan dirumuskan sebagai berikut :

$$E(T) = \int_{-\infty}^{\infty} tf(t) dt$$

dimana *f(t)* : probability density function (PDF)

Variabel acak T selalu positif, sehingga :

$$E(T) = \int_{-\infty}^{\infty} tf(t) dt$$

$$= \int_0^{\infty} t \frac{dF(t)}{dt} dt = \int_0^{\infty} t d(-R(t))$$

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

karena *tR(t) = 0* pada saat *t = 0* dan *tR(t) → 0* pada saat *t → ∞*, maka :

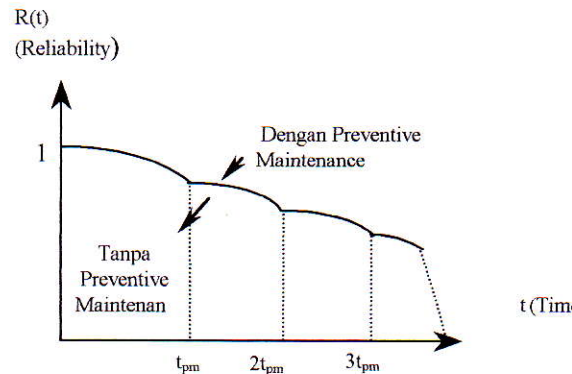
$$E(T) = MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Pendugaan Parameter Keandalan

Dalam metode nonparametrik data dari hasil test atau hasil kerja langsung diplot, tanpa mencoba kecocokannya dengan distribusi statistik. Test dilakukan dengan menggunakan semua data waktu antar kerusakan.

Keandalan dan Perawatan (*Reliability and Maintenance*)

Hubungan antara keandalan dan perawatan dapat ditunjukkan dengan gambar di bawah ini :

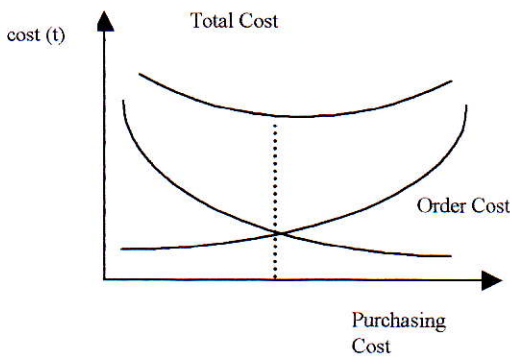


Gambar 2
Hubungan antara Keandalan dan Perawatan

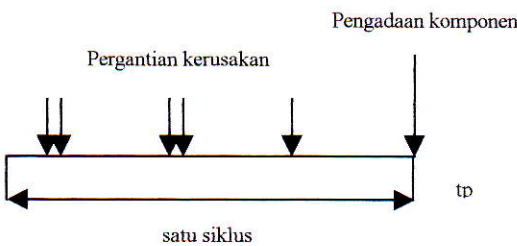
Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa keandalan akan naik setelah adanya perawatan pencegahan yang biasanya akan dilakukan setiap periode *t_{pm}* dan seterusnya jika sistem atau peralatan mengalami kerusakan.

Penentuan Panjang Interval Pengadaan Komponen

Pengadaan komponen lebih ekonomis bila dilakukan dalam jumlah item yang besar. Hal ini disebabkan bila jumlah item yang dipesan kecil tentunya dalam periode yang telah ditentukan, biaya untuk pengadaan akan menjadi besar sejalan dengan sering terjadinya frekuensi pengadaan komponen. Lain halnya bila pemesanan dilakukan sekaligus, dengan cara ini frekuensi pengadaan komponen menjadi lebih kecil dan ini berakibat biaya yang berkaitan dengan pengadaan komponen akan menjadi kecil pula.



Gambar 3
Hubungan antara interval pemesanan dengan biaya



Gambar 4
Pengadaan Komponen dan Pergantian kerusakan selama satu siklus

Ekspektasi total biaya pengadaan per satuan waktu untuk pengadaan komponen pada saat tp , dinotasikan $C(tp)$ adalah :

$$C(tp) = \frac{\text{Ekspektasi Total Biaya}}{\text{pada interval } (0, tp)}$$

$$\begin{aligned} \text{Ekspektasi total biaya pada interval } (0, tp) \\ = C_0 + NC_p \end{aligned}$$

dimana :

C_0 = Biaya yang harus dikeluarkan pada saat diadakan pengadaan komponen

C_p = Harga komponen per unit

N = Banyaknya kerusakan yang terjadi selama interval $(0, tp)$

Sehingga :

$$C(tp) = \frac{C_0 + NC_p}{tp}$$

Karena Ekspektasi terjadinya N kali pergantian selama t adalah : $N = E [N (t)]$

Sedangkan $E [N (t)]$ merupakan :

$$E [N (t)] = H (t)$$

dimana $H (t)$ = integrasi dari laju kerusakan $\lambda (t)$.

Bila terdapat sejumlah k komponen yang sama dan dioperasikan bersama, serta t merupakan panjang interval tp maka banyak pergantian adalah :

$$N = kH (tp) \quad C(tp) = \frac{C_0 + C_p kH (tp)}{tp}$$

Harga tp optimal persamaan di atas didapat dengan mengplotkan harga $C (tp)$ dengan cara memasukkan harga tp sehingga didapatkan harga $C (tp)$ minimal untuk membantu mencari nilai tp optimal digunakan program komputer.

Titik Pemesanan Kembali

Besarnya kebutuhan maksimal selama *lead time*.

$$ROP = N_{maks} (\text{selama } L)$$

Untuk menentukan besarnya N_{maks} adalah :

$$P_n(t) = \frac{H^n(t)}{n!} e^{-H(t)}$$

dimana $H(t)$ adalah integrasi dari laju kerusakan $\lambda(t)$

$$= \int_0^t \lambda(t) dt$$

Untuk sejumlah k komponen menjadi :

$$P_n(t) = \frac{(kH(t))^n}{n!} e^{-kH(t)}$$

Untuk mencari dimana jumlah kumulatifnya harus $>$ atau $= (1 - \alpha)$, atau dapat dibuat persamaanya sebagai berikut :

$$\sum_{n=0}^{N_{maks}} P_n(t) \geq 1 - \alpha \text{ atau :}$$

$$\sum_{n=0}^{N_{maks}} \frac{H^n(t)}{n!} e^{-H(t)} \geq 1 - \alpha$$

dimana :

N_{maks} = kebutuhan maksimum selama interval waktu t

t = *lead time* pemesanan (L)

α = resiko kehabisan

Sedangkan untuk sejumlah k komponen menjadi :

$$\sum_{n=0}^{N_{maks}} \frac{(kH(t))^n}{n!} e^{-kH(t)} \geq 1 - \alpha$$

Kebutuhan Rata-rata selama Lead Time

Kebutuhan rata-rata selama *lead time* (D_L) dapat ditentukan dengan

$$D_L = H(L)$$

Bila terdapat k komponen yang sama dan dioperasikan bersamaan, maka

$$D_L = k H(L)$$

Persediaan Pengaman

Persediaan pengaman atau *safety stock* (SS)

$$SS = N_{maks} (\text{selama } L) - D_L$$

Jumlah Pemesanan

Untuk menentukan jumlah pemesanan selama interval ($0, tp$) adalah :

$$OQ = H(tp)$$

Bila terdapat sejumlah k komponen maka jumlah pemesanannya

$$OQ = kH(tp)$$

Biaya-Biaya Dalam Sistem Persediaan

1. Biaya Pembelian (*Purchasing Cost*)
2. Biaya pengadaan (*Prucurement Cost*)
 - Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*= C_o)
 - Biaya Pembuatan (*Set-Up Cost*)
3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*= h)
 - Biaya memiliki persediaan
 - Biaya administrasi
 - Biaya operasional
4. Biaya Kekurangan (*Shortage Cost*= SC)
 - Kuantitas yang tidak dapat dipenuhi akibat mesin terhenti, atau bahan baku yang habis sementara persediaannya tidak ada.
 - Biaya pengadaan darurat

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Data yang Diperlukan

Data - data yang dipakai merupakan hasil survei di PT . Temprina Media Grafika anak perusahaan Jawa Pos. Data tersebut diambil berdasarkan laporan Bagian maintenance. Data-data ini mencakup data kerusakan komponen, data pergantian

komponen dan harga komponen serta biaya-biaya yang berhubungan dengan pemesanan komponen.

Tahapan Pengolahan Data

1. Pengujian Distribusi

Membandingkan signifikan level dari distribusi:

1. Exponensial
2. Gamma
3. Lognormal
4. Normal
5. Weibull

2. Fungsi Padat Probabilitas

- a. Untuk distribusi exponensial
- b. Untuk distribusi gamma
- c. Untuk distribusi lognormal
- d. Untuk distribusi normal
- e. Untuk distribusi weibull

3. Analisis Keandalan dan Laju Kerusakan

- a. Exponensial
- b. Gamma
- c. Lognormal
- d. Normal
- e. Weibull

4. Penentuan Interval Pembelian Suku

Cadang

5. Perhitungan Persediaan

6. Perhitungan Biaya

- a. Biaya pemesanan yang dikeluarkan untuk tiap kali pesan.
- b. Harga komponen per item.
- c. Biaya penyimpanan suku cadang.
- d. Biaya operasional gudang.
- e. Biaya tenaga kerja gudang.
- f. Biaya kehilangan keuntungan jika gagal dalam pemenuhan suku cadang

ketika mesin produksi mengalami kerusakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan data telah diketahui distribusi dari tiap-tiap komponen berdasarkan waktu antar pergantian komponen sebagai berikut:

Tabel 1
Distribusi dan Parameter Keandalan Komponen

Komponen	Distibusi	Parameter Keandalan	
Pin Folding	Normal	$\mu = 3313,8$	$\sigma = 241,231$
V-Belt Folding	Weibull	$\alpha = 13,475$	$\beta = 2678,14$
Cutting Rubber	Normal	$\mu = 4193$	$\sigma = 317,314$

1. Komponen Pin Folding

Fungsi padat probabilitasnya adalah:

Tabel 2
Fungsi Padat Probabilitas Komponen Pin Folding

T(waktu)	Jam	F(t)
t1	420	0
t2	840	0
t3	1260	0
t4	1680	$1,811 \times 10^{-13}$
t5	2100	$5,257 \times 10^{-9}$
t6	2520	$7,365 \times 10^{-6}$
t7	2940	$4,978 \times 10^{-4}$
t8	3360	$1,624 \times 10^{-3}$

Tabel 3
Fungsi Keandalan Komponen Pin Folding

t(waktu)	Jam	R(t)
t1	420	1
t2	840	1×10^0
t3	1260	1×10^0
t4	1680	1000×10^{-3}
t5	2100	1000×10^{-3}
t6	2520	$999,5 \times 10^{-3}$
t7	2940	0,939
t8	3360	0,424

Tabel 4
Fungsi Laju Kerusakan Komponen Pin Folding

t(waktu)	Jam	$\lambda(t)$
t1	420	0
t2	840	0
t3	1260	0
t4	1680	$1,811 \times 10^{-13}$
t5	2100	$5,257 \times 10^{-9}$
t6	2520	$7,369 \times 10^{-6}$
t7	2940	$5,3 \times 10^{-4}$
t8	3360	$3,829 \times 10^{-3}$

Penentuan Interval Pemesanan Suku Cadang
Dengan menggunakan

rumus: $C(tp) = \frac{C_0 + C_p \cdot k \cdot \int_0^t \lambda(t) dt}{tp}$ diperoleh biaya

yang minimal sebesar Rp3565/ jam dengan order quantity sebanyak 4 komponen untuk interval pemesanan tiap 3360 jam (8 bulan).

Perhitungan Kebutuhan Selama Lead Time

Lamanya lead time untuk memesan suku cadang adalah 17 hari atau 238 jam probabilitas terjadinya kebutuhan maksimal

$$N_{max} > \therefore P(N_{max}) = \sum_{n=0}^{N_{max}} \frac{k \cdot \int_0^{238} \lambda(t) dt \cdot e^{-\left(k \int_0^{238} \lambda(t) dt\right)}}{n!}$$

sehingga hasil Nmax selama lead time adalah 0 karena probabilitasnya mencapai 1 jadi sudah optimal. Kebutuhan rata-rata selama lead time berdasarkan

rumus: $D = k \cdot \int_0^{238} \lambda(t) dt$ adalah 0,

Perhitungan Biaya

Untuk kemungkinan terjadi biaya kekurangan

$$SC = 372569200 \left(\frac{(t_0 - 0)^2}{2 \cdot 0} \right)$$

.Sedangkan holding cost komponen dengan asumsi bunga bank 12%/ thn

$$\frac{(4Cp) \cdot 8 \cdot \frac{12\%}{12} + \left(2250000 + 450000 - \frac{4Cp}{565000000} \cdot 8 \right)}{3360} = Rp420843/ Jam$$

untuk jangka penyimpanan 8 bulan (3360 jam). Sehingga total incremental cost adalah $C(tp) + h + SC = Rp3986/ Jam$ selama 3360 jam atau Rp13394031,90 untuk tiap siklus interval pemesanan.

Komponen V-Belt Folding

Tabel 5
Fungsi Padat Probabilitas Komponen V-Belt Folding

t(waktu)	Jam	f(t)
t1	420	$4,635 \times 10^{-13}$
t2	840	$2,635 \times 10^9$
t3	1260	$4,142 \times 10^{-11} - 1,5991 \times 10^{-11}$
t4	1680	$1,498 \times 10^{-5} - 2,7881 \times 10^{-8}$
t5	2100	$2,413 \times 10^{-4} - 9,0851 \times 10^{-6}$
t6	2520	$2,054 \times 10^{-3} - 9,638 \times 10^{-4}$
t7	2940	$-0,011 + 4,2141 \times 10^{-3}$

Tabel 6
Fungsi Keandalan Komponen V-Belt Folding

t(waktu)	Jam	R(t)
t1	420	1
t2	840	$1 - 1,6371 \times 10^{-7}$
t3	1260	$1 - 3,8591 \times 10^{-5}$
t4	1680	$1 - 1,8611 \times 10^{-3}$
t5	2100	0,996-0,0371
t6	2520	0,872-0,4091
t7	2940	-0,695+0,2621

Tabel 7
Fungsi Laju Kerusakan Komponen V-Belt Folding

t(waktu)	Jam	$\lambda(t)$
t1	420	$4,635 \times 10^{-13}$
t2	840	$2,635 \times 10^{-9}$
t3	1260	$4,142 \times 10^{-7}$
t4	1680	$1,498 \times 10^{-5}$
t5	2100	$2,423 \times 10^{-4}$
t6	2520	$2,355 \times 10^{-3}$
t7	2940	0,016

- **Penentuan Interval Pemesanan Suku Cadang**

$$C(tp) = \frac{C_o + C_p.k. \int_0^{tp} \lambda(t)dt}{tp}$$

diperoleh total

biaya yang minimal sebesar Rp505,159/ jam dengan *order quantity* sebanyak 2 komponen untuk interval pemesanan tiap 2520 jam (6 bulan).

- **Perhitungan Kebutuhan Selama Lead Time**

$$P(N \text{ max}) = \sum_{n=0}^{N \text{ max}} \frac{k \cdot \left(\frac{238}{\beta}\right)^n \cdot e^{-\left(k\left(\frac{238}{\beta}\right)^n\right)}{n!}$$

Setelah dilakukan perhitungan dengan mathcad diperoleh hasil Nmax selama *lead time* adalah 0 karena probabilitasnya mencapai 1 jadi sudah optimal. Kebutuhan rata-rata selama lead time berdasarkan rumus: $D = k \cdot \left(\frac{238}{\beta}\right)^n$ adalah 0, sehingga

kebutuhan *safety stock* selama *lead time* adalah kebutuhan maksimal selama lead time dikurangi dengan kebutuhan rata-rata selama lead time jadi hasilnya adalah 0.

- **Perhitungan Biaya.**

Untuk biaya kekurangan berdasarkan rumus :

$$SC = 372569200 \cdot \left(\frac{(0-0)^2}{2.0}\right)$$

$$\frac{(2.Cp).6}{12} + \left(\frac{(2250000 + 450000) \cdot 2.Cp}{565.000.000} \cdot 6\right) = Rp44,09 / Jam$$

untuk jangka penyimpanan 6 bulan atau 2520 jam. Sehingga total incremental cost adalah $C(tp)+h+SC=549,249/Jam$ selama 2520 jam atau Rp 1.384.106,72 untuk tiap siklus interval pemesanan.

3. Komponen Cutting Rubber Folding

Tabel 8
Fungsi Padat Probabilitas Komponen Cutting Rubber

t(waktu)	Jam	f(t)
t1	420	0
t2	840	0
t(waktu)	Jam	f(t)
t3	1260	0
t4	1680	0
t5	2100	4,487 x 10 ⁻¹³
t6	2520	1,157 x 10 ⁻⁹
t7	2940	5,17 x 10 ⁻⁷
t8	3360	4,008 x 10 ⁻⁵
t9	3780	5,39 x 10 ⁻⁴
t10	4200	1,257 x 10 ⁻³

Tabel 9
Fungsi Keandalan Komponen Cutting Rubber

t(waktu)	Jam	R(t)
t1	420	1
t2	840	1 x 10 ⁰
t3	1260	1 x 10 ⁰
t4	1680	1000 x 10 ⁻³
t5	2100	1000 x 10 ⁻³
t6	2520	1 x 10 ⁰
t7	2940	1
t8	3360	0,996
t9	3780	0,903
t10	4200	0,491

Tabel 10
Fungsi Laju Kerusakan Komponen Cutting Rubber

t(waktu)	Jam	λ (t)
t1	420	0
t2	840	0
t3	1260	0
t4	1680	0
t5	2100	4,487 x 10 ⁻¹³
t6	2520	1,157 x 10 ⁻⁹
t7	2940	5,17 x 10 ⁻⁷
t8	3360	4,026 x 10 ⁻⁵
t9	3780	5,966 x 10 ⁻⁴
t10	4200	2,559 x 10 ⁻³

• Penentuan Interval Pemesanan Suku Cadang

Dengan menggunakan rumus: $C_{(tp)} = \frac{C_o + C_p \cdot k \cdot \int_0^t \lambda(t) dt}{tp}$ diperoleh total biaya yang minimal sebesar Rp606,298/ jam dengan *order quantity* sebanyak 3 komponen untuk interval pemesanan tiap 4200 jam (10 bulan).

• Perhitungan Kebutuhan Selama Lead Time

kebutuhan maksimal selama lead time dengan probabilitas $N_{max} > \alpha = 0,05(0,95)$. Untuk distribusi normal sebagai berikut

$P(N_{max}) = \sum_{n=0}^{N_{max}} \frac{k \cdot \int_0^{238} \lambda(t) dt \cdot e^{-k \int_0^{238} \lambda(t) dt}}{n!}$ diperoleh

hasil N_{max} selama lead time adalah 0 karena probabilitasnya mencapai 1 jadi sudah optimal. Kebutuhan rata-rata selama lead time berdasarkan rumus: $D = k \cdot \int_0^{238} \lambda(t) dt$ adalah 0, sehingga kebutuhan *safety stock* selama lead time adalah kebutuhan maksimal selama lead time dikurangi dengan kebutuhan rata-rata selama lead time jadi hasilnya adalah 0.

• Perhitungan Biaya.

Untuk kemungkinan terjadi biaya kekurangan $SC = 372569200 \left(\frac{(0-0)^2}{2.0} \right)$ jumlah biaya adalah kuantitas yang hilang dan biaya operator yang menganggur akibat terjadi kerusakan komponen dan harus menunggu sampai komponen tiba adalah Rp 0,- karena probabilitas terjadinya kerusakan selama lead time adalah

0. Sedangkan holding cost komponen dengan asumsi bunga bank 12%/ thn $\frac{(3 \cdot C_p) \cdot 10 \cdot \frac{12\%}{12} + \left(\frac{2250000 + 450000 \cdot \frac{3 \cdot C_p}{565.000.000} \cdot 10}{4200} \right)}{4200} = Rp88,9 / Jam$ untuk jangka penyimpanan 10 bulan atau 4200 jam. Sehingga total incremental cost adalah $C(tp)+h+SC=Rp846,772/Jam$ selama 4200 jam atau Rp 3.556.440,51 untuk tiap siklus interval pemesanan.

KESIMPULAN

Berdasarkan Kolmogorov-Smirnov test maka ditetapkan masing-masing distribusi dari komponen, yang penetapannya berdasarkan signifikan level terbesar untuk mendapatkan parameter-parameter yang digunakan menghitung fungsi keandalan.

1. Setelah dilakukan analisis dan interpretasi maka didapatkan interval pemesanan suku cadang berdasarkan *Cost* pada t yang optimal dimana ekspektasi kerusakan dapat diketahui berdasarkan *hazard function* seperti dibawah ini

Nama Komponen	Interval Pemesanan (jam)	C(tp)/jam
Pin Folding	3360 (8 bulan)	3565
V-Belt Folding	2520(6 bulan)	505,159
Cutting Rubber	4200(10 bulan)	606,298

2. Dengan mempertimbangkan nilai keandalan suatu komponen maka ditetapkan jumlah komponen yang harus dipesan (Q), kebutuhan *safety stock* selama *lead time*, dan *Total Incremental Cost* setiap interval pemesanan suku cadang.

Nama Komponen	R(t)	Q	SS	TIC/jam	Biaya/Siklus
Pin Folding	0,424	4	0	3986	13.394.403,90
V-Belt Folding	0,872- 0,409i	2	0	549,249	1.384.106,72
Cutting Rubber	0,491	3	0	846,772	3.556.440,51

DAFTAR PUSTAKA

- Ramakumar.R, 1993, *Engineering Reliability Fundamental and Applications*, Prentice –Hall International, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Lewis, E.E, 1987, *Introduction to reliability Engineering*, John Wiley & Sons Canada.
- Smith Charles O, 1976, *Introduction to Reliability in Design*, Mc Graw – Hill, Inc Kogakusha, Ltd.
- Walpole Ronald E, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk insinyur dan ilmuwan*, ITB Bandung.
- M, Lawrence, Leemis , 1995, *Reliability, Probabilistic Models and Statistical Methods*, Prentice Hall Internasional, Inc.
- A.K.S, Jardine, 1975, *Maintenance, Replacement, And Reliability*, Pitsman Publishing, New York.
- Hakim Nasution Arman, *Perencanaan dan Pengendalian Persediaan*, Teknik Industri ITS