

M-6

## PENGGUNAAN DISTRIBUSI PELUANG JOHNSON SB UNTUK OPTIMASI PEMELIHARAAN MESIN

Enny Supartini<sup>1)</sup> Soemartini<sup>2)</sup>

Departemen Statistika FMIPA UNPAD<sup>1) & 2)</sup>

[arthinii@yahoo.com](mailto:arthinii@yahoo.com)<sup>1)</sup> [tine\\_soemartini@yahoo.com](mailto:tine_soemartini@yahoo.com)<sup>2)</sup>

### Abstrak

Pemeliharaan mesin merupakan hal yang sangat penting dalam bidang industri, di PT "X" yang memproduksi komponen pesawat terbang konsumennya berskala internasional sehingga harus menjaga reputasi dalam memenuhi permintaan dari konsumen, hal ini harus didukung oleh prasarana yang prima, salah satunya mesin harus terpelihara dengan baik. Mesin yang memproduksi komponen pesawat tersebut salah satunya adalah mesin Cincinnati Milacron dengan salah satu subsistemnya yaitu Spidle 5 Axis "A", subsistem ini sering mengalami kerusakan sehingga dibutuhkan Jadwal perawatan optimum untuk mesin tersebut. Dari hasil penelitian diperoleh data waktu antar kerusakan mesin mengikuti Distribusi Peluang Johnson SB empat parameter yaitu :  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\lambda$  dan  $\zeta$  dengan fungsi intensitas yang tidak konstan sehingga mengikuti Non Homogen Poisson Procces (NHPP). Hasil analisis dengan menggunakan Model Preventive Maintenance yaitu dengan meminimumkan fungsi biaya maka diperoleh waktu perawatan optimum subsistem Spidle 5 Axis "A" adalah 6129 jam kerja atau sekitar 8,5 bulan sekali dan nilai  $t$  ini lebih kecil dari MTTF sesuai dengan ketentuan bahwa waktu pemeliharaan mesin harus dilakukan pada saat  $t < MTTF$ . Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan mesin perbulan sebesar Rp 34.226.792,5 atau dapat menghemat sampai dengan 85,86 %

**Kata Kunci :** Distribusi Peluang Johnson SB, Non Homogen Poisson Procces, Preventive Maintenanc, MTTF.

### 1. PENDAHULUAN

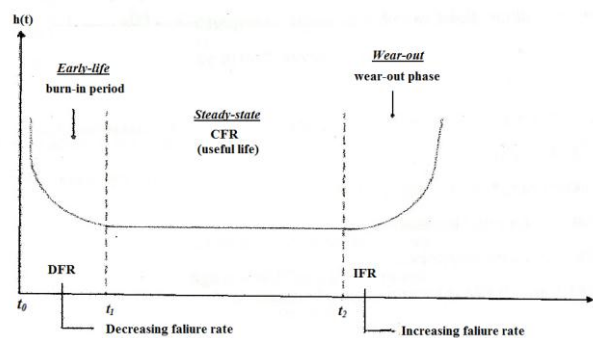
Dalam kegiatan Industri pemeliharaan peralatan industri merupakan hal yang sangat penting, apalagi pada perusahaan industri yang berskala internasional, persaingan akan sangat ketat dalam memenuhi permintaan pesanan dari pelanggan. PT "X" merupakan perusahaan yang memproduksi komponen pesawat udara yang berkomitmen untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan tepat waktu, maka dukungan kesiapan semua perangkat harus diperhatikan salah satunya adalah kesiapan alat-alat produksi yaitu mesin, oleh karena itu pemilihan metoda yang tepat, pemilihan model yang tepat dan juga biaya yang dikeluarkan harus minimum. Salah satu mesin yang memproduksi komponen tersebut adalah Mesin Cincinnati Milacron dengan salah satu subsistemnya adalah Spidle 5 Axis "A" dan sebagai catatan di perusahaan ini pemeliharaan mesin dilakukan dengan menggunakan *Corective Maintenance*, yaitu subsistem Spidle 5 Axis diperbaiki atau komponennya diganti kalau terjadi kerusakan sehingga ketika subsistem tersebut rusak mesin Cincinnati akan berhenti berproduksi sehingga akan menimbulkan *downtime* sehingga perusahaan akan rugi karena akan kehilangan keuntungan, misal

dalam satu jam produksi bisa menghasilkan dua komponen, maka kalau mesin tersebut berhenti selama tiga jam karena mesin harus diperbaiki, maka perusahaan akan kehilangan kesempatan untuk memperoleh keuntungan dari enam komponen yang seharusnya diperoleh dari tiga jam produksi, oleh karena itu perawatan mesin merupakan hal yang sangat penting. Menurut Heizer (2011), kegiatan *maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan system dan peralatan bisa bekerja untuk memenuhi pesanan. Sedangkan menurut Assauri (1999), perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Dari kedua defenisi di atas dapat disimpulkan bahwa perawatan adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memelihara, memperbaiki ataupun mengganti fasilitas pabrik untuk tetap dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga kegiatan produksi dapat berjalan sesuai rencana sehingga tidak mengakibatkan terjadinya kendala yang dapat mengakibatkan kerugian. Menurut Corder (1992), tujuan dilakukan perawatan adalah :

- a. Memperpanjang usia mesin dan alat produksi.
- b. Menjamin ketersediaan dan menjaga kesiapan operasional dari seluruh perawatan yang digunakan untuk produksi.
- c. Menjamin keselamatan orang atau sumber daya manusia yang menggunakan sarana atau mesin-mesin yang tersedia

## 2. METODE PENELITIAN

Terkait dengan perawatan peralatan maka akan berhubungan dengan keandalan atau *reliability*. Menurut O'Connor (1989) keandalan (*reliability*) suatu mesin, komponen atau produk adalah peluang bahwa mesin tersebut, komponen atau produk dapat berfungsi dengan baik sampai dengan waktu tertentu, sedangkan hubungan *reliability* dengan *maintenance* adalah apabila mesin dipakai terus menerus maka akan terjadi penurunan tingkat *reliability*, oleh karena itu diperlukan suatu aktivitas untuk menjaga *reliability* mesin tersebut yang disebut dengan aktifitas *maintenance*. Sedangkan menurut Ireson & Coombs (1988), ada tiga periode intensitas kerusakan mesin yaitu *Burn-in period*, *Useful life period* dan *Wear out period*, ketiga periode ini membentuk *Bathub curve* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Bathub curve*

### a. Fungsi Keandalan atau Reliabilitas

Menurut Ebeling (1997) fungsi keandalan dinyatakan sebagai berikut :

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

dengan  $R(t) \geq 0$ ,  $R(0) = 1$ , dan  $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$ .

Didefinisikan bahwa :

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

dimana  $F(0) = 0$  dan  $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$

Dengan :

$f(t)$  : peluang kerusakan sistem sebelum waktu  $t$

$R(t)$  : Fungsi keandalan

$F(t)$  : Fungsi peluang kumulatif dari distribusi kerusakan

Bentuk distribusi kegagalan digambarkan oleh fungsi densitas  $f(t)$  yang didefinisikan sebagai:

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

(2)

### b. Waktu Rata-rata Hingga Rusak (MTTF)

*Mean Time To Failure* (MTTF). MTTF adalah rata-rata waktu suatu sistem atau komponen akan beroperasi sampai terjadi kerusakan atau kegagalan untuk pertama kali. Maka persamaan *Mean Time To Failure* (MTTF) adalah

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (3)$$

### c. Fungsi Hazard atau Fungsi Intensitas

Fungsi hazard atau laju kerusakan adalah banyaknya kerusakan komponen per satuan waktu. Dinotasikan dengan  $h(t)$  atau  $\lambda(t)$ . Keistimewaan fungsi hazard adalah secara unik dapat menentukan fungsi keandalan, jika :

$$\lambda(t) = \frac{-dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (4)$$

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

kemudian persamaan diatas diintegrasikan menjadi :

$$\int_0^t \lambda(t') dt' = \int_t^{R(t)} \frac{-dR(t')}{R(t')}$$

dengan  $R(0) = 1$  maka : 
$$-\int_0^t \lambda(t') dt' = \ln R(t)$$

atau 
$$R(t) = \exp \left[ - \int_0^t \lambda(t') dt' \right] \tag{5}$$

Ebeling (1997)

**d. Uji Kecocokan Bentuk Distribusi Peluang**

Uji ini dilakukan untuk bentuk distribusi peluang waktu kerusakan mesin atau komponen dengan distribusi peluang tertentu yang paling sesuai dengan data waktu kerusakan mesin atau komponen tersebut. menurut O'Connor (1989) salah satu uji kecocokan distribusi peluang yang bisa digunakan untuk Data waktu kerusakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Pertama tentukan bentuk distribusinya secara grafis dengan melakukan plot data waktu kerusakan, setelah diketahui kecenderungan bentuk distribusi peluangnya lakukan uji kecocokan distribusi peluang tersebut dengan menggunakan Uji Kormogorov-Smirnov, apabila kecenderungan kurva hasil plot data mengikuti distribusi peluang tertentu misalnya distribusi peluang Johnson SB, maka rumusan hipotesis statistiknya adalah seperti berikut :

$H_0$  : Data waktu kerusakan mengikuti distribusi peluang Johnson SB

$H_1$  : Data waktu kerusakan tidak mengikuti distribusi peluang

Johnson SB

Dengan statistik uji adalah sebagai berikut:

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \tag{6}$$

Kriteria Uji tolak  $H_0$  jika nilai  $D_{hitung} > D_{tabel}$  dengan tingkat kekeliruan sebesar  $\alpha$ . Apabila hasil pengujian hipotesis ternyata  $H_0$  diterima maka dengan  $\alpha$  sebesar 5% maka distribusi peluang waktu kerusakan mengikuti distribusi Johnson SB dengan fungsi distribusi kumulatif Johnson SB(4 parameter) menurut Ricky (2013) adalah,

$$F(t) = \int_{\zeta}^t \frac{\delta \lambda}{\sqrt{2\pi}(t-\zeta)(\lambda+\zeta-t)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \gamma + \delta \ln \left( \frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t} \right) \right)^2 \right\} dt \tag{7}$$

dengan memisalkan  $x = \gamma + \delta \ln \left( \frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t} \right)$

maka batas bawahnya adalah  $\gamma + \delta \ln \left( \frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t} \right) = \ln(0) = -\infty$

$$\frac{dx}{dt} = \delta \cdot \frac{1}{\frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t}} \cdot \frac{[1 \cdot (\lambda+\zeta-t) - (-1) \cdot (t-\zeta)]}{(\lambda+\zeta-t)^2}$$

$$dx = \frac{\delta \lambda}{(t-\zeta)(\lambda+\zeta-t)} dt$$

Sehingga didapat  $F(x)$  sebagai transformasi dari  $F(t)$  adalah sebagai berikut

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}x^2\right\} dx \quad (8)$$

$F(x)$  adalah distribusi peluang yaitu distribusi kumulatif normal sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa distribusi Johnson SB mengikuti pola distribusi peluang kumulatif normal dengan transformasi  $\gamma + \delta \ln\left(\frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t}\right)$ .

Nilai peluang distribusi normal baku dapat kita temukan melalui tabel peluang atau menggunakan bantuan Microsoft Excel dengan cara =normdist.  $F(t) = \Phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t}\right)\right)$  (9)

Menurut Govil (1983) apabila bentuk distribusi peluangnya sudah diketahui lakukan penaksiran parameter dan salah satu metode penaksiran yang cocok digunakan adalah menggunakan metode kemungkinan maksimum (*maximum likelihood estimate*). Langkah berikutnya menurut Ebeling (1997) sebaiknya dilakukan Uji Intensitas laju kerusakan mesin tersebut, apakah memiliki laju kerusakan konstan atau tidak, kalau konstan berarti mengikuti *Homogen Poisson Process* (HPP) kalau tidak konstan berarti mengikuti *Non Homogen Poisson Process* (NHPP), apabila mengikuti NHPP maka tentukan fungsi intensitasnya dinyatakan sebagai berikut

$$h(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{\frac{\delta\lambda}{\sqrt{2\pi(t-\zeta)(\lambda+\zeta-t)}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t}\right)\right)^2\right\}}{1-\Phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t}\right)\right)} \quad (10)$$

Hubungan fungsi hazard dan banyaknya kerusakan telah dijelaskan pada bagian sebelumnya.

#### e. Penentuan Waktu perawatan Optimum

Perawatan suatu mesin sebagai alat produksi merupakan hal yang sangat penting terutama dilihat dari faktor ekonomis, karena seringkali biaya-biaya yang terlibat selain biaya proses produksi tetapi juga biaya yang timbul karena kerusakan mesin yang menyebabkan mesin berhenti sehingga kerugian yang ditimbulkan cukup besar, sehingga perlu dilakukan pemjadualan untuk perawatan preventif yang optimum.

Untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimum dari fungsi biaya turunan pertama terhadap variable  $t$  kemudian disamadengan nol kan, dengan fungsi biayanya menurut Ebeling (1997) adalah sebagai berikut :

$$TC = \frac{C_r}{T} \int_0^T \lambda(t) dt + \frac{C_s}{T}$$

(11)

Dengan,

 $C_r$  = biaya penggantian atau perbaikan $C_s$  = biaya aktifitas perawatan terjadwal (preventif) $T$  = waktu dalam jam antara perawatan preventif $\lambda(t)$  = fungsi intensitas dari NHPP

Untuk meminimumkan biaya per unit waktu, persamaan (11) diatas diturunkan terhadap  $t$  dan kemudian disamadengankan nol untuk memenuhi syarat perlu, yaitu  $\frac{dTC}{dT} = 0$  maka akan diperoleh solusi yang optimum, yaitu interval waktu perawatan yang optimum. Dengan fungsi intensitas seperti pada persamaan (10).

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dengan menggunakan langkah-langkah seperti dijelaskan pada bagian 2, maka diperoleh hasil perhitungan dan analisis sebagai berikut :

Bedasarkan hasil plot data waktu antar kerusakan kecenderungan bentuk data distribusi peluang mengikuti distribusi Johnson SB, maka langkah berikutnya melakukan uji kecocokan distribusi peluang dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov seperti berikut dengan hipotesis statistiknya seperti berikut :

$H_0$  : Data waktu kerusakan mengikuti distribusi Johnson SB

$H_1$  : Data waktu kerusakan tidak mengikuti distribusi Johnson SB.

Dengan menggunakan statistic uji seperti pada persamaan (6), maka diperoleh  $D_n$  atau disebut juga sebagai  $D_{hitung} = 0,09977$  sedangkan dari table Kolmogorov-Smirnov diperoleh dengan  $\alpha$  sebesar 5%.  $D_{Tabel} = 0,287$ , maka  $H_0$  diterima, artinya Data waktu kerusakan komponen Spindle pada Mesin Cincinnati Milacron jenis A mengikuti distribusi Johnson SB dengan empat parameter dan berdasarkan hasil estimasi parameter dengan menggunakan metode kemungkinan maksimum diperoleh :

$$\gamma = 0,006630 \quad \delta = 0,485430 \quad \lambda = 138750 \quad \zeta = -538,770$$

Berdasarkan hasil pengujian fungsi intensitas ternyata tidak konstan atau mengikuti *Non Homogen Poisson Process*, dengan fungsi intensitas dari distribusi Johnson SB sebagai berikut :

$$h(t) = \frac{\frac{\delta\lambda}{\sqrt{2\pi(t-\zeta)(\lambda+\zeta-t)}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t}\right)\right)^2\right\}}{1 - \Phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{t-\zeta}{\lambda+\zeta-t}\right)\right)}$$

$$= \frac{\frac{0,48543.13875}{\sqrt{2\pi(t+538,77)(13336,23-t)}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(0,00663 + 0,48543 \ln\left(\frac{t+538,77}{13336,23-t}\right)\right)^2\right\}}{1 - \Phi\left(0,00663 + 0,48543 \ln\left(\frac{t+538,77}{13336,23-t}\right)\right)}$$

Untuk menentukan waktu perawatan optimum dibutuhkan biaya penggantian atau perbaikan ( $C_r$ ) dan biaya perawatan terjadwal ( $C_p$ ) dari perusahaan yang bersangkutan. Biaya penggantian atau perbaikan dalam penelitian ini adalah biaya *unplanned maintenance* CINCINNATI MILACRON A Subsistem *Spindle* untuk satu tahun terakhir periode penelitian diperoleh biaya sebesar Rp 51.190.838,64,-. Biaya perawatan dalam penelitian ini merupakan rata-rata biaya *planned maintenance* CINCINNATI MILACRON A Subsistem *Spindle* periode satu tahun terakhir penelitian adalah sebesar Rp 0,-. (berdasarkan catatan dari perusahaan "X"). Perhitungan iterasi dengan menggunakan pembatasan pada nilai  $t$  melalui *Microsoft Excel* didapat waktu perawatan optimumnya adalah 6129 jam dengan biaya Rp 5.584,4008 per jam atau Rp 34.226.792,5,- tiap kali perawatan, sehingga diusulkan perusahaan melakukan perawatan setiap 8,51 bulan sekali. Tujuan utama penentuan waktu perawatan optimum adalah untuk memperbaiki mesin sebelum terjadi kerusakan. Artinya bahwa waktu perawatan tersebut harus lebih kecil dari *MTTF* sehingga perawatan dilakukan sebelum terjadi kerusakan. Maka untuk itu perlu dilakukan pembatasan pada proses iterasi yang awalnya dari  $0 < t < \infty$  menjadi  $0 < t < MTTF$ . Akan tetapi, karena  $t$  optimum yang didapatkan tidak melewati batas *MTTF* maka perawatan optimum dapat dilakukan dalam setiap 8,51 bulan sekali dengan biaya yang harus dikeluarkan sebesar  $6129 \times \text{Rp. } 5.584,4008$  atau sebesar Rp 34.226.792,5,- tiap kali perawatan.

Berdasarkan biaya biaya *unplanned maintenance* selama satu tahun terakhir periode penelitian adalah Rp 1.023.816.772,84 atau Rp 28.439.354 per bulannya selama periode tersebut. Berarti dalam waktu 8,51 bulan perusahaan menghabiskan biaya sebesar Rp 242.018.902,5. Jika dibandingkan dengan biaya yang menggunakan model optimasi sebesar Rp 34.226.792,5 maka diharapkan dapat mereduksi biaya sebesar Rp 242.018.902,5 – Rp 34.226.792,5 = Rp 207.792.110 atau sekitar 85,86% dari total biaya *unplanned maintenance* selama 8,51 bulan jika data kerusakan yang terjadi sesuai dengan model kerusakan yang terjadi dalam penelitian ini.



#### 4. SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat diperoleh simpulan seperti berikut:

1. Bentuk distribusi peluang komponen *Spindle 5 Axis A* dari mesin *Cincinnati Milacron* berdistribusi Johnson SB empat parameter yaitu :  $\gamma$  ,  $\delta$  ,  $\lambda$  dan  $\zeta$  , dengan  $\zeta$  dengan fungsi intensitas yang tidak konstan sehingga mengikuti *Non Homogen Poisson Procces (NHPP)*.
2. Hasil analisis dengan menggunakan Model *Preventive Maintenance* yaitu dengan meminimumkan fungsi biaya diperoleh waktu perawatan subsistem *Spidle 5 Axis "A"*, optimumnya adalah  $t = 6129$  jam atau 8,51 bulan sekali dan nilai  $t$  ini lebih kecil dari MTTF sesuai dengan ketentuan bahwa waktu pemeliharaan mesin harus dilakukan pada saat  $t < \text{MTTF}$ . Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan mesin untuk satu kali perawatan sebesar Rp 34.226.792,5 atau dapat menghemat sampai dengan 85,86 %

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofyan. (1999). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi revisi Penerbit LPFE UI Jakarta.
- Ebeling, C.E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore : The Mc-Graw Hill Companies, Inc.
- Govil, A. K., (1983), *Reliability Engineering*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Heizer, J., Render, B. (2011). *Operation Management*. Tenth Edition., New Jersey., Pearson Education, Inc.
- Ireson W. G., Coombs C. F. Jr., (1988). *Hanbook of Reliability Engineering and Management.*, New York., McGraw-Hill, Inc.
- O'Connor, P. D. T. (1989). *Practical Reliability Engineering.*, New York., John Willey & Sons
- Ricky, Robert. 2013. Skripsi : *Menentukan Waktu Perawatan Optimum Submesin Axis Mesin Cincinnati Milacron Tipe D Dengan Pendekatan Distribusi Johnson SB (Studi Kasus Di PT.DI)*. Jatinangor : Statistika. FMIPA UNPAD
- <http://erfansumandosimanjuntak.blogspot.com/2011/05/manajemen-perawatan-rmb-rcm-lcc.html> [10 September 2013]