



Penentuan Jadwal Optimum *Preventive Maintenance* Pada Mesin Jobs LINX 303K Menggunakan Model Optimasi Kamran II (Studi Kasus di PT. Dirgantara Indonesia)

Muthia Restu Ramdita*, Budhi Handoko, Yeny Krista Franty

Departemen Statistika, FMIPA Universitas Padjadjaran

*E-mail: muthiaesturamdita@gmail.com

Abstrak

PT Dirgantara Indonesia (PT.DI) merupakan perusahaan dirgantara satu-satunya di Indonesiayang tidak hanya bergerak dalam hal kepentingan militer namun juga meliputi kepentingan komersial dan kepentingan non dirgantara lainnya. Sebagai perusahaan yang mengandalkan mesin untuk kegiatan produksi, PT.DI perlu untuk melakukan perawatan pada mesin untuk mengurangi frekuensi kerusakan dengan tetap memperhatikan biaya. Salah satu mesin yang digunakan perusahaan adalah mesin Jobs LINK 303K. Mesin ini berperan dalam pembuatan komponen bagian kerangka sayap pesawat, seperti *Hinge rib 1*, *Hinge rib 2*, dan *Machined Longeron*. Diketahui bahwa mesin ini memiliki frekuensi kerusakan tertinggi dibandingkan mesin *milling*, *single gantry* lainnya. Diketahui reliabilitas mesin Jobs yaitu sebesar 85.16% dimana harapan perusahaan untuk reliabilitas mesin ini yaitu sebesar 90%. Pada penelitian ini akan ditentukan jadwal optimum *preventive maintenance* yang dapat memaksimalkan reliabilitas pada mesin Jobs LINK 303K menggunakan model optimasi Kamran II.Serta untuk menambah informasi, akan dibandingkan dengan *preventive maintenance* klasik

Kata kunci: Preventive Maintenance, Model Kamran II.

1. Pendahuluan

Aktivitas mesin yang bekerja terus menerus pada sebuah perusahaan manufaktur untuk memenuhi jumlah target produksi dapat mengalami kerusakan yang menyebabkan mesin mati dan berhenti berproduksi. Selama mesin mati, perusahaan akan mengalami kerugian akibat tidak memproduksi barang.

Mengetahui hal itu, tindakan *preventive* menjadi hal yang sangat penting dilakukan sehingga kinerja mesin prima.Namun tindakan *preventive* menjadi sesuatu yang harus dipertimbangkan oleh perusahaan terkait pembiayaan yang diperlukan. Apabila penjadwalan tidak optimal, maka biaya yang dikeluarkan akan membengkak atau tujuan untuk mencapai reliabilitas yang diharapkan tidak tercapai.

Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk penjadwalan yang optimum adalah *mixed integer non linear programming*. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Budai, dkk (2006), menyajikan *two mixed-integer linear programming models* untuk penjadwalan tindakan *preventive*. Sehingga, penelitian ini akan menggunakan *Mixed integer non linear programming* atau yang biasa disebut dengan model Kamran untuk mendapat *ouput* berupa penjadwalan yang optimal untuk perawatan mesin. *Mixed Integer non linear programming* memiliki dua model optimasi berdasarkan fungsi objektif dan kendalanya. Model 1 memiliki fungsi objektif berupa meminimumkan biaya

dengan memperhatikan fungsi kendala berupa reliabilitas, sementara Model 2 memiliki fungsi objektif berupa memkasimumkan reliabilitas dengan memperhatikan fungsi kendala berupa biaya. Penelitian ini akan berfokus pada model optimasi 2 karena perusahaan mengharapkan untuk memaksimumkan reliabilitas dengan anggaran perusahaan yang ada.

Penelitian ini akan melakukan kajian metode optimasi yang bisa mengatasi kelemahan yang muncul pada *preventive maintenance* klasik. Berdasarkan paparan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan yaitu mendapatkan penjadwalan optimal yang mampu memaksimumkan reliabilitas dengan tetap memperhatikan anggaran perusahaan.

2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Mixed Integer Non Linear Programming* atau dikenal sebagai Model Optimasi Kamran. Model ini terbagi menjadi dua berdasarkan fungsi tujuannya. Untuk menyelesaikan permasalahan perusahaan maka akan digunakan Model Optimasi Kamran II. Model ini memiliki fungsi tujuan yaitu memaksimumkan reliabilitas dengan tetap memperhatikan batasan berupa biaya perusahaan.

2.1 Objek dan Data Penelitian

Objek yang diteliti adalah mesin Jobs Linx 303K di PT. Dirgantara Indonesia. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder dari Departemen Perawatan Fasilitas Produksi PT. DI berupa data kerusakan mesin Jobs pada periode Mei 2014-Mei 2016.



2.2 Metode Analisis Data

Berikut ditunjukkan langkah-langkah untuk penyelesaian masalah perusahaan:

Uji Kecocokan Distribusi

Uji Kecocokan distribusi yang digunakan pada penelitian adalah Uji Mann dan Uji Bartlett.

Uji Mann

$H_0: F_n(T) = F_0(T)$ (data waktu antar kerusakan/waktu perbaikan mesin Jobs tidak mengikuti distribusi Weibull)

$H_1: F_n(T) \neq F_0(T)$ (data waktu antar kerusakan/waktu perbaikan mesin Jobs tidak mengikuti distribusi Weibull)

$\alpha = 5\%$

Statistik Uji:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} [(lnt_{i+1} - lnt_i)/M_i]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} [(lnt_{i+1} - lnt_i)/M_i]}$$

dengan,

$$k_1 = \frac{r}{2} \text{ dan } k_2 = \frac{r-1}{2}$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i - 0.5}{(n + 1) + 0.25} \right) \right]$$

Kriteria Uji: Tolak H_0 jika $M_{hitung} > M_{tabel} = F_{(\alpha, V_1, V_2)}$, terima dalam hal lainnya.

Uji Bartlett

$H_0: F_n(T) = F_0(T)$ eksponensial (data waktu antar kerusakan/waktu perbaikan mesin Jobs mengikuti distribusi Eksponensial).

$H_1: F_n(T) \neq F_0(T)$ eksponensial (data waktu antar kerusakan/waktu perbaikan mesin Jobs tidak mengikuti distribusi Eksponensial).

$\alpha = 5\%$

Statistik Uji :

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

Terima H_0 $\lambda_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}^2 < B < \lambda_{\frac{\alpha}{2}, n-1}^2$ dan tolak dalam hal lainnya.

Mean Time to Failure (MTTF)

MTTF untuk data waktu antar kerusakan yang berdistribusi Weibull didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut:

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

dengan,

θ : parameter skala distribusi waktu kerusakan
 β : parameter bentuk distribusi waktu kerusakan

Mean Time to Repair (MTTR)

$$MTTR = \theta^* \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta^*} \right)$$

dengan :

θ^* : parameter skala distribusi waktu perbaikan
 β^* : parameter bentuk distribusi waktu perbaikan

Reliabilitas sebelum dan setelah preventive maintenance

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R_m(t) = R(t) \quad ; \quad 0 \leq t \leq t_p$$

$$R_m(t) = R(t_p) \cdot R(t - t_p) \quad ; \quad t_p \leq t \leq 2t_p$$

$$R_m(t) = R(t_p)^n \cdot R(t - nt_p) \quad ; \quad nt_p \leq t \leq (n + 1)t_p$$

dengan,

n : jumlah perawatan

t_p : interval waktu preventive maintenance

$R(t)$: reliabilitastanpa preventive maintenance

$R_m(t)$: reliabilitasdengan preventive maintenance

$R(t_p)^n$: reliabilitas hingga n selang waktu perawatan

$R(t-nt_p)$: reliabilitas untuk waktu $t-nt_p$ dari tindakan preventive maintenance yang terakhir.

Frekuensi Pemeriksaan Sebelum Preventive Maintenance

$$k_f = \frac{\text{Jam Kerja per Bulam}}{MTTF}$$

Frekuensi Pemeriksaan Setelah Preventive Maintenance

$$k_p = \frac{\text{Jam Kerja per Bulam}}{t_p}$$

Failure Cost

$$C_F = Tc(tf) \times T_f \times k_f$$

dimana

$$Tc(tf) = \frac{C_f}{t_f + T_f}$$

C_f = (biaya teknisi + biaya loss product + biaya komponen) x T_f

dengan,

C_f : biaya kerusakan

T_f : nilai MTTR

t_f : nilai MTTF

k_p : frekuensi kerusakan sebelum preventive maintenance

Preventive Cost

$$C_M = Tc(tp) \times T_p \times k_p$$

dimana

$$Tc(tp) = \frac{\{C_p \times R(t_p)\} + \{C_f \times (1 - R(t_p))\}}{\{t_p \times R(t_p)\} + \{t_f \times (1 - R(t_p))\}}$$

dengan,

C_p : biaya perawatan

= (biaya teknisi + biaya komponen) x T_p



T_p : waktu perbaikan setelah adanya penjadwalan
 t_p : interval waktu *preventive maintenance*
 $R(t_p)$: reliabilitas yang diharapkan
 k_p : frekuensi kerusakan setelah *preventive maintenance*

Model 2-Memaksimumkan reliabilitas dengan batasan anggaran pemeliharaan

Fungsi Tujuan:

$$R_T = \prod_{j=1}^T e^{-[\lambda((X'_j) - (X_j)^\beta)]}$$

Fungsi Kendala:

$$m_j + r_j \leq 1 \quad j = 1, \dots, T$$

$$\sum_{j=1}^T (C_F \cdot \lambda((X'_j)^\beta - (X_j)^\beta) + C_M \cdot m_j + C_R \cdot r_j)$$

$$\leq GB$$

dengan :

$$X_1 = 0$$

$$X_j = (1 - m_{j-1})(1 - r_{j-1})X'_{j-1} + m_{j-1}(\alpha X'_{j-1}) \quad j = 2, \dots, T$$

$$X'_j = X_j + \frac{T}{J}$$

$$m_{i,j} + r_{i,j} \leq 1$$

$$X_j, X'_j \geq 0$$

$$\alpha = \left(\frac{C_R - C_M}{C_R} \right) \cdot \left(\frac{X'_{j-1}}{X'_{j-1} + 1} \right)$$

$$m_j, r_j = 0 \text{ atau } 1$$

$$m_j \begin{cases} 1 & \text{jika dilakukan perawatan pada periode ke } -j \\ 0 & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$r_{i,j} \begin{cases} 1 & \text{jika dilakukan penggantian pada periode ke } -j \\ 0 & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

$$j = 1, \dots, T$$

Notasi pada Model Kamran II

Komponen biaya

C_F : biaya kerusakan

C_M : biaya *maintenance*

C_R : biaya penggantian komponen

GB : anggaran perusahaan
 Taksiran Parameter

$\hat{\lambda}$: $1/\theta$; dimana θ adalah parameter skala distribusi waktu antar kerusakan

$\hat{\beta}$: parameter bentuk distribusi waktu kerusakan

Komponen lain

T : perencanaan waktu pemeliharaan

J : interval waktu

α : *improvement factor* dari sistem

$R(t_p)$: reliabilitassistem yang diharapkan

X_j : umur efektif dari sistem dimulai pada waktu ke- j

X'_j : umur efektif dari sistem diakhir waktu ke- j

Analisis menggunakan *software* LINGO 16.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut hasil analisis dari penelitian menggunakan Model Optimasi Kamran II

Tabel 1. Hasil Uji Kecocokan Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan, Parameter, dan MTTF

Mesin	Distriibusi	Parameter	MTTF
Jobs	Weibull	$\theta = 144.97$ $\beta = 1.009$	144.91

Setelah dilakukan uji spesifik Mann diketahui bahwa data waktu antar kerusakan mengikuti distribusi weibull. Menggunakan *software* R, didapat bahwa nilai parameter $\theta = 144.97$ dan nilai parameter $\beta = 1.009$. Didapat pula nilai MTTF yaitu sebesar 144.91, yang artinya rata-rata waktu antar kerusakan mesin adalah 144.91 jam.

Tabel 2. Hasil Uji Kecocokan Distribusi Data Waktu Perbaikan, Parameter, dan MTTR

Mesin	Distriibus	Parameter	MTTR
Jobs	Weibull	$\theta = 6.84$ $\beta = 0.78$	7.82

Sementara untuk data waktu pebaikan setelah dilakukan uji spesifik Mann diketahui bahwa data waktu perbaikan mengikuti distribusi weibull. Menggunakan *software* R, didapat bahwa nilai parameter $\theta = 6.84$ dan nilai parameter $\beta = 0.78$. Didapat pula nilai MTTR yaitu sebesar 7.82, yang artinya rata-rata waktu perbaikan mesin yaitu selama 7.82 jam.

Tabel 3. Frekuensi Pemeriksaan Mesin Sebelum dan Sesudah *Preventive Maintenance*

Mesin	kf	kp
Jobs	3	21

Setelah dilakukan perhitungan, diketahui frekuensi pemeriksaan sebelum dilakukan *preventive*



maintenance yaitu sebanyak 3 kali dan frekuensi pemeriksaan setelah dilakukan *preventive maintenance* yaitu sebanyak 21 kali.

Tabel 4. Rincian biaya yang diperhatikan

Mesin	Biaya Teknisi	Loss Product
Jobs	Rp40.000	Rp592.000
	Biaya Komponen	Anggaran Perusahaan
	Rp10.041.581	Rp922.743.107

Untuk analisis, perlu diketahui beberapa rincian biaya yang diperhatikan. Tabel 4 menunjukkan biaya yang akan digunakan untuk perhitungan pada model optimasi.

Tabel 5. Rincian biaya kerusakan, perawatan, dan pergantian.

C_F	C_M	C_R
Rp185.945.324	Rp6.746.623	Rp141.679.075

Menggunakan perumusan yang tertera pada Metode data di atas, didapat bahwa biaya kerusakan (C_F) yaitu sebesar Rp185.945.324, biaya perawatan (C_M) yaitu sebesar Rp6.746.623 dan biaya pergantian (C_R) yaitu sebesar Rp141.679.075.

Tabel 6. Input Model Optimasi

Notasi	Input
T	15
J	15
λ	0.006897969
$\hat{\beta}$	1.00098445
C_F	Rp237.537.343
C_M	Rp6.928.592
C_R	Rp145.500.421
RR	90%
GB	Rp922.743.107

Notasi pada Tabel 6 merupakan informasi yang dibutuhkan untuk penginputan dalam software LINGO 16 yang akan digunakan untuk analisis.

Tabel 7. Output berupa penjadwalan

Bulan ke-	1	2	3	4	5	6
Tindakan	-	-	-	-	R	M
Bulan ke-	7	8	9	10	11	12
Tindakan	-	R	M	-	R	M
Bulan ke-	13	14	15			
Tindakan	-	R	-			

Menggunakan software LINGO 16 didapat output seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa perusahaan perlu melakukan perawatan pada bulan ke-6,9,12 dan melakukan pergantian pada bulan ke-5,8,11,14 dalam jangka waktu 15 bulan ke depan terhitung bulan Juni 2016-Agustus 2017 untuk memaksimalkan reliabilitas mesin menjadi 0.9016357 dimana angka ini mencapai target reliabilitas perusahaan namun tetap memperhatikan anggaran perusahaan. Hasil ini sangat optimal dibandingkan dengan menggunakan *preventive maintenance* klasik, karena berdasarkan analisis didapatkan interval untuk perawatan yaitu selama 15.3 jam, dimana hal tersebut mengeluarkan banyak biaya dan tidak efektif.

Saran penelitian selanjutnya adalah menggunakan Algoritma Genetika dalam menentukan penjadwalan dan dibandingkan dengan Model Optimasi Kamran II.

Daftar Pustaka

- Ebeling, C. E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore : The Mc-Graw Hill Companies, Inc
- Fithri, Prima. 2010. *Optimasi Preventive Maintenance dan Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Kompresor dengan Menggunakan Mixed Integer Non Linier Programming dari Kamran*. Salemba: Tesis Fakultas Teknik Program Pasca Sarjana Teknik Industri Universitas Indonesia
- Moghaddam, K. S. 2010. *Preventive maintenance and replacement scheduling: models and algorithms*. *Electronic Theses and Dissertations*. University of Louisville.