

# Usulan Selang Waktu Perawatan dan Jumlah Komponen Cadangan Optimal dengan Biaya Minimum Menggunakan Metode Smith dan Dekker (Studi Kasus di PT. X)\*

LAKSMI AMALIA WULANDIARI, HARI ADIANTO, SUSY SUSANTY

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: lalaksmi@gmail.com

## ABSTRAK

*Perawatan yang dilakukan untuk Mesin Printing saat ini tidak terdapat jadwal perawatan untuk komponen pada Mesin Printing. Kebijakan ini mengakibatkan komponen mesin akan terus bekerja hingga rusak dan menyimpan komponen cadangan dalam jangka waktu yang tidak menentu. Selang waktu perawatan optimal dan jumlah komponen cadangan yang disiapkan dicari dengan menggunakan Metode Smith dan Dekker. Terdapat tiga pendekatan yang digunakan dalam model ini, dan pendekatan tiga memiliki ongkos minimum, yaitu sebesar Rp. 2.603.252 untuk Komponen Pin dengan 6 unit komponen cadangan, Rp. 1.756.024 untuk Komponen Journal Box dengan 4 unit komponen cadangan dan Rp. 1.374.565 untuk Komponen Roller dengan 5 unit komponen cadangan.*

**Kata kunci:** *perawatan mesin, Smith dan Dekker, komponen cadangan optimal, selang waktu perawatan optimal, biaya minimum*

## ABSTRACT

*Maintenance procedure by PT. X for Printing Machine is currently with no preventive maintenance schedule for each components in Printing Machinery. This policy resulted that components will continue to work until finally broke down and store spare parts in a period of uncertainty. Optimal maintenance time interval and the amount of reserve component was prepared using a method developed by Smith MAJ and R. Dekker. There are three approaches that are used in this model, and the third approaches have minimum cost, which amounted to Rp. 2.603.252 for Component Pin with 6 reserve component units, Rp. 1.756.024 for Component Journal Box with 4 reserve component units and Rp. 1.374.565 for Component Roller with 5 reserve component units.*

**Kata kunci:** *maintenance, Smith and Dekker, reserve component, Optimal maintenance time interval, minimum cost*

---

\* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 PENDAHULUAN**

Saat ini persaingan di dunia industri manufaktur semakin meningkat akibat melonjaknya permintaan dari konsumen. Agar sebuah perusahaan dapat menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dengan tingkat produktivitas tinggi, salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah faktor kondisi mesin. Kondisi mesin yang baik sangat dipengaruhi oleh jadwal perawatan yang baik dan kondisi komponen-komponen penyusun mesin.

Penelitian ini dilakukan di PT. X, Divisi *Converting* dengan mengamati Mesin *Printing* yang bekerja 24 jam sehari dan ketika mesin tidak dapat beroperasi, maka kegiatan proses produksi tidak dapat dijalankan sehingga dapat dikategorikan sebagai mesin dengan kondisi kritis. Perawatan pencegahan yang dilakukan untuk Mesin *Printing* saat ini merupakan perawatan mesin secara keseluruhan, tanpa ada perbedaan jadwal perawatan pencegahan untuk komponen mesin yang memiliki umur berbeda. Kebijakan ini mengakibatkan komponen mesin akan terus bekerja hingga akhirnya rusak dan menghentikan kegiatan proses produksi.

### **1.2 IDENTIFIKASI MASALAH**

Mesin yang akan diteliti adalah Mesin *Printing* yang merupakan mesin yang jika mesin rusak atau berhenti beroperasi, maka proses produksi tidak akan berjalan. Mesin *Printing* memiliki berbagai macam komponen dan tidak terdapat jadwal perawatan pencegahan untuk masing-masing komponen-komponen mesin.

Fungsi keandalan untuk mesin yang akan diteliti menggunakan metode Distribusi Weibull dua parameter. Selang waktu optimal untuk masing-masing komponen cadangan dan jumlah komponen cadangan yang disiapkan dicari menggunakan metode yang dikembangkan oleh Smith M.A.J. dan R. Dekker (1997).

## **2. STUDI LITERATUR**

### **2.1 PERAWATAN**

Perawatan (*maintenance*) dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai, Sudrajat (2011). Perawatan didefinisikan sebagai aktivitas agar komponen atau sistem yang rusak akan dikembalikan atau diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu, Ebeling (1997).

Terdapat berbagai macam jenis kegiatan perawatan yang terus berkembang dan mengalami perubahan seiring dengan tuntutan operasional industri serta perkembangan teknologi. Umumnya, dalam pelaksanaan kegiatan perawatan di industri mengenal dua bentuk kebijakan dasar dari program perawatan yaitu perawatan kerusakan (*corrective maintenance*) dan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) Sudrajat (2011).

### **2.2 DISTRIBUSI WEIBULL**

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang baik digunakan untuk laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun, sehingga distribusi ini merupakan distribusi yang paling banyak digunakan untuk waktu kerusakan. Distribusi Weibull adalah distribusi empiris yang pemakaiannya paling luas meliputi sejumlah besar karakteristik kerusakan mesin atau peralatan. Didalam Distribusi Weibull terdapat tiga parameter, yaitu parameter skala ( $\theta$ ) yang menunjukkan umur karakteristik, parameter bentuk ( $\beta$ ) yang

menunjukkan bentuk distribusi dan parameter lokasi ( $\delta$ ) yang menunjukkan umur minimum. Pengujian Distribusi Weibull dilakukan dengan *Mann's Test*, Ebeling (1997).

### 2.3 METODE SMITH DAN DEKKER

Model Smith dan Dekker merupakan model yang dapat diartikan, suatu sistem 1 *out of n* dengan *cold standby* adalah sebuah sistem yang terdiri dari n komponen yang salah satu komponennya harus beroperasi. Ketika komponen yang sedang beroperasi rusak, maka satu dari ( $n-1$ ) komponen cadangan dapat menggantikan komponen yang rusak tersebut. Pengertian *cold standby* adalah ( $n-1$ ) komponen cadangan tidak boleh berada dalam keadaan rusak selama selang waktu menunggu. Kondisi menunggu ini dapat menjadi saat-saat rentan bagi komponen cadangan, karena distribusi *lifetime* dari sebuah komponen memiliki rata-rata kerusakan yang meningkat. Apabila sebuah komponen yang beroperasi telah mencapai umur tertentu yang telah ditentukan ( $T_{pm}$ ), maka komponen tersebut akan segera diganti dengan sebuah komponen lain yang *standby*. Kerusakan komponen yang terjadi sebelum  $T_{pm}$  akan dinamakan proses perawatan perbaikan, jika terjadi saat  $T_{pm}$  maka akan dinamakan perawatan pencegahan. Setelah dilakukan proses perawatan maka dapat diasumsikan bahwa komponen tersebut akan beroperasi kembali dengan normal.

Terdapat tiga pendekatan yang digunakan pada Model Smith dan Dekker ini. Ketiga pendekatan tersebut adalah:

1. ( $R = R_{pm} = R_{cm}$ ) dengan probabilitas kegagalan  $F(t)$  sebagai ukuran *uptime* dan *downtime* suatu sistem. Pada perhitungan perawatan pencegahan, terdapat sebuah waktu keputusan melakukan perawatan pencegahan ( $T_{pm}$ ) untuk menggantikan sebuah komponen yang sedang beroperasi dan melaksanakan perawatan pencegahan pada komponen yang telah mencapai umurnya ke dalam suatu fungsi distribusi waktu kerusakan seperti berikut:

$$F_{T_{pm}} = \begin{cases} F(t) & t \leq T_{pm} \\ 1 & t > T_{pm} \end{cases} \quad (1)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected uptime* adalah sebagai berikut:

$$E[\tau_{up}] \approx \frac{\mu_{T_{pm}}}{F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R)} \quad (2)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah perawatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$O_{T_{pm}} \approx \sum_{i=1}^{\infty} F_{T_{pm}}^i(E[\tau_{up}]) \approx \frac{E[\tau_{up}]}{\mu_{T_{pm}}} \quad (3)$$

dengan:

$$\mu_{T_{pm}} = \int_0^{T_{pm}} [1 - F_{T_{pm}}(x)] dx, \text{ sebagai } \textit{expected lifetime}$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected downtime* adalah sebagai berikut:

$$E[\tau_{down}] \approx \frac{\int_0^R F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R-t) dt}{F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R)} \quad (4)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected cost* adalah sebagai berikut:

$$\textit{Expected Cost} = \frac{(C_c F_{T_{pm}}(T_{pm}) + C_p (1 - F_{T_{pm}}(T_{pm}))) O_{T_{pm}} + C_d E[\tau_{down}]}{E[\tau_{up}] + E[\tau_{down}]} \quad (5)$$

dengan:

$F_{T_{pm}}(T_{pm})$ , untuk perawatan perbaikan

$1 - F_{T_{pm}}(T_{pm})$ , untuk perawatan pencegahan

2. ( $R = R_{pm} = R_{cm}$ ) dengan perhitungan perkiraan dengan pendekatan distribusi geometrik dan pemakaian asumsi perhitungan. Penentuan fungsi kerusakan ketika  $t$  unit waktu dengan nilai  $\theta$  dan  $\beta$  telah diketahui dari langkah penentuan parameter Distribusi Weibull, yaitu:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (6)$$

Setelah diketahui fungsi kerusakan, maka dapat ditentukan suatu fungsi kerusakan dengan memasukkan nilai  $T_{pm}$ . Asumsi yang digunakan pada pendekatan ini dapat dilihat pada Rumus (1). Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected uptime* adalah sebagai berikut:

$$E[\tau_{up}] \approx \frac{\pi^{n-1}(1-n(1-\pi)+\pi)\pi T_{pm}}{1-\pi} + \pi^{n-1}\pi T_{pm} n(1-p) + p\pi^{n-1}\pi T_{pm} \left(n + 1 + \frac{p^i}{1-p^i}\right) \quad (7)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected downtime* adalah sebagai berikut:

$$E[\tau_{down}] \approx P\{\tau_{up} > R\} \frac{\int_0^R F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R-t) dt}{F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R)} + P\{\tau_{up} < R\} \frac{\int_0^{R-E[\tau_{down}]} F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R-t) dt}{F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R)} \quad (8)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah perawatan yang dilakukan pada pendekatan ini dapat dilihat pada Rumus (3). Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected cost* pada pendekatan ini dapat dilihat pada Rumus (5).

3. ( $R_{pm} < R_{cm}$ ) dengan membedakan dua waktu perbaikan yaitu  $R_{cm}$  untuk perawatan perbaikan dan  $R_{pm}$  untuk perawatan pencegahan. Notasi untuk pendekatan ini adalah  $R_{pm} < R_{cm}$  yang dapat diartikan bahwa urutan komponen yang mulai beroperasi tidak ditentukan lagi. Penentuan fungsi kerusakan ketika  $t$  unit waktu dengan nilai  $\theta$  dan  $\beta$  telah diketahui dari langkah penentuan parameter Distribusi Weibull, yaitu:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (9)$$

Setelah diketahui fungsi kerusakan, maka dapat ditentukan suatu fungsi kerusakan dengan memasukkan momen  $T_{pm}$ . Asumsi yang digunakan pada pendekatan ini dapat dilihat pada Rumus (1). Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected uptime* adalah sebagai berikut:

$$E[\tau_{up}] \approx \frac{\beta^{n-1}(1-n(1-\beta)+\beta)\mu T_{pm}}{(1-\beta)+\mu T_{pm} n\beta^{n-1}(1-b)} + b\beta^{n-1}\mu T_{pm} \left(n + 1 \frac{b'}{(1-b)}\right) \quad (10)$$

dengan:

$$b = 1 - F(T_{pm})F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{cm}) - (F(T_{pm}))F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{pm})$$

$$b' = F(T_{pm})^2 \frac{1-F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{cm})}{1-F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{cm})} + (1 - F(T_{pm})) \frac{1-F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{pm})+F(T_{pm})(1-F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{cm}))}{1-F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{pm})}$$

$$\beta = 1 - F(T_{pm})F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{cm}) - (1 - F(T_{pm}))F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{pm})$$

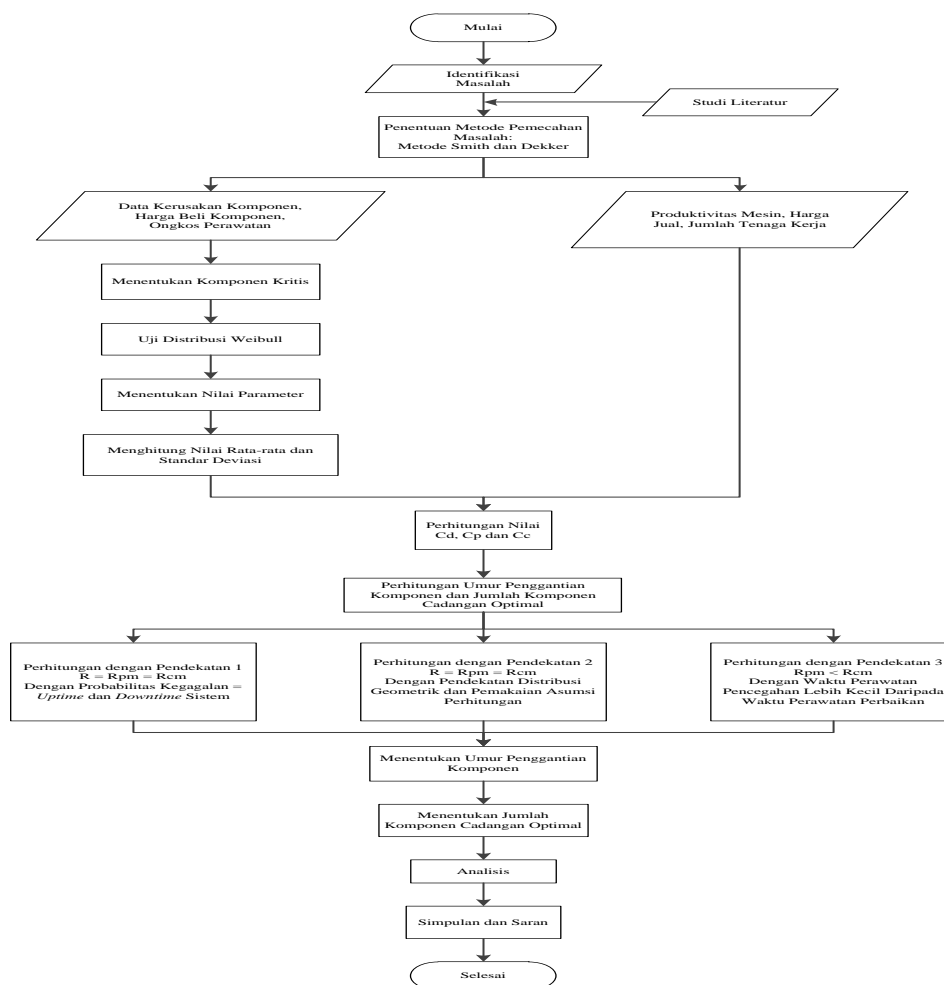
Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected downtime* adalah sebagai berikut:

$$E[\tau_{down}] \approx \frac{b \int_0^R F(T_{pm}) F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{cm} - t) + (1 - F(T_{pm})) F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{pm} - t) dt}{(1 - b)} + \frac{(1-b) \int_0^{R_{cm}-E[\tau_{down}]} F(T_{pm}) F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{cm}-t) + (1-F(T_{pm})) F_{T_{pm}}^{(n-1)}(R_{pm}-t) dt}{\beta} \quad (11)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah perawatan yang dilakukan pada pendekatan ini dapat dilihat pada Rumus (3). Persamaan yang digunakan untuk menghitung *expected cost* pada pendekatan ini dapat dilihat pada Rumus (5).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Mesin *Printing* memiliki intensitas kerusakan yang tinggi sehingga menyebabkan perusahaan diwajibkan memiliki komponen cadangan yang optimal agar terus tersedia ketika komponen mesin tersebut rusak. Dalam penelitian ini model Smith dan Dekker digunakan untuk menemukan jumlah komponen optimal dengan menggabungkan availabilitas dan model perawatan pencegahan dengan memperhatikan *uptime* dan *downtime* dari sistem dan dapat diterapkan pada komponen-komponen mesin.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

## 4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 PENGUMPULAN DATA

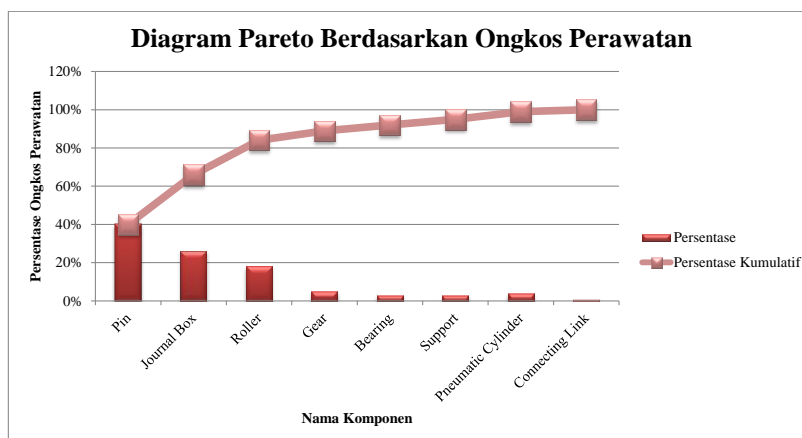
Model Smith dan Dekker membutuhkan informasi mengenai data komponen mesin atau sistem yang diamati, data upah tenaga kerja, produktivitas mesin, harga jual produk, dan *scrap* produksi. Data yang dikumpulkan untuk keperluan penelitian ini merupakan data masa lalu dari Mesin *Printing* yang beroperasi di PT. X.

### 4.2 PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data yang dilakukan sebelum melakukan perhitungan untuk Metode Smith dan Dekker adalah memilih komponen kritis yang memiliki ongkos terbesar dengan menggunakan ketentuan Hukum Pareto 80/20, uji Dsistribusi Weibull dan perhitungan dengan menggunakan Metode Smith dan Dekker.

#### 4.2.1 Penentuan Komponen Kritis

Pada Mesin *Printing* terdapat delapan komponen mesin yaitu *Bearing*, *Connecting Link*, *Gear*, *Journal Box*, *Pin*, *Pneumatic Cylinder*, *Roller* dan *Support*. Berikut merupakan Diagram Pareto untuk pemilihan komponen kritis pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto

Dapat dilihat dari Diagram Pareto berdasarkan ongkos perawatan, nilai persentase kumulatif pada komponen ke-3 atau *Roller* mencapai nilai 84%. Komponen kritis yang akan dihitung selama penelitian berdasarkan Hukum Pareto 80/20 adalah komponen *Journal Box*, *Roller* dan *Pin*.

#### 4.2.2 Uji Distribusi Weibull

Komponen kritis yang telah ditetapkan sebelumnya akan diuji apakah laju kerusakannya Distribusi Weibull atau tidak. Distribusi Weibull merupakan distribusi yang baik digunakan untuk laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Tabel rekapitulasi Perhitungan Uji Distribusi Weibull dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Uji Distribusi Weibull

No.	Komponen	Hipotesis	Parameter		
			$\theta$	$\beta$	
1	<i>Pin</i>	$M < F_{tabel}$	Terima $H_0$ : Data mengikuti Distribusi Weibull	4,732	1,498
2	<i>Journal Box</i>	$M < F_{tabel}$	Terima $H_0$ : Data mengikuti Distribusi Weibull	0,223	1,405
3	<i>Roller</i>	$M < F_{tabel}$	Terima $H_0$ : Data mengikuti Distribusi Weibull	3,205	1,778

### 4.2.3 Perhitungan Umur Penggantian Komponen dan Jumlah Komponen Cadangan

Pada perhitungan umur penggantian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* khusus yaitu *software* Mathcad. Perhitungan ini akan membandingkan tiga jenis pendekatan dari Metode Smith dan Dekker. Hasil rekapitulasi perhitungan umur penggantian komponen dan jumlah komponen berdasarkan ongkos optimal dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rekapitulasi Umur Penggantian dan Jumlah Komponen Cadangan**

No.	Komponen	Selang Waktu Perawatan	Jumlah Komponen Cadangan
1	<i>Pin</i>	3 Hari	6 Unit
2	<i>Journal Box</i>	4 Hari	4 Unit
3	<i>Roller</i>	2 Hari	5 Unit

## 5. ANALISIS

### 5.1 ANALISIS EXPECTED UPTIME

Nilai *expected uptime* untuk masing-masing komponen dilihat berdasarkan titik awal  $T_{pm}$  yang menghasilkan nilai *expected uptime* konstan. Berdasarkan perhitungan, nilai *expected uptime* untuk Komponen *Pin* adalah saat  $T_{pm} = 3$  hari, Komponen *Journal Box* adalah saat  $T_{pm} = 4$  hari dan Komponen *Roller* adalah ketika  $T_{pm} = 2$  hari. Hasil *expected uptime* menunjukkan pada  $T_{pm}$  tersebut, *uptime* komponen mesin akan optimal akan beroperasi dengan baik sama dengan ketika nilai  $T_{pm}$  lebih dari nilai  $T_{pm}$  optimal.

Nilai *expected uptime* untuk pendekatan satu akan lebih besar dari nilai *expected uptime* pendekatan dua dan tiga, karena pada pendekatan satu menggunakan distribusi kerusakan dan mengikutsertakan *expected downtime* untuk komponen cadangan mesin. Sedangkan, pada pendekatan dua dan tiga fungsi kegagalannya menggunakan pendekatan Distribusi Geometrik dan menggunakan fungsi reliabilitas (parameter  $\rho$ ).

Nilai *expected uptime* pada ketiga pendekatan untuk seluruh komponen mesin akan mengalami kenaikan terus menerus untuk setiap penambahan jumlah komponen, dan akan konstan pada  $T_{pm}$  tertentu. Hal ini diakibatkan oleh semakin banyak komponen cadangan yang tersedia maka kemungkinan komponen cadangan mesin dapat langsung digunakan untuk mengganti komponen mesin yang sedang beroperasi mengalami kerusakan akan semakin tinggi. Namun, jumlah komponen cadangan yang disediakan harus tetap dibatasi dikarenakan terbatasnya kapasitas gudang dan besarnya ongkos yang harus disediakan untuk menyediakan komponen mesin cadangan. Sedangkan nilai konstan tersebut diakibatkan oleh  $T_{pm}$  dekat dengan waktu komponen mesin cadangan untuk mendapatkan perawatan perbaikan dan pencegahan.

### 5.2 ANALISIS EXPECTED DOWNTIME

Nilai *expected downtime* untuk masing-masing komponen dilihat berdasarkan titik awal  $T_{pm}$  yang menghasilkan nilai *expected downtime* konstan. Nilai *expected downtime* yang dihasilkan tidak akan mengurangi umur komponen mesin. Berdasarkan perhitungan, nilai *expected downtime* untuk Komponen *Pin* adalah saat  $T_{pm} = 3$  hari, Komponen *Journal Box* adalah saat  $T_{pm} = 4$  hari dan Komponen *Roller* adalah saat  $T_{pm} = 2$  hari. Hasil *expected downtime* menunjukkan pada  $T_{pm}$  tersebut, tidak terdapat komponen cadangan mesin ketika terjadi kerusakan pada komponen mesin yang sedang beroperasi atau digunakan. *Downtime* yang terjadi akibat proses perawatan pencegahan yang menghasilkan nilai *expected downtime* lebih besar.

Penurunan nilai *expected downtime* untuk setiap penambahan jumlah komponen dan nilai  $T_{pm}$  diakibatkan oleh semakin banyak komponen cadangan yang tersedia, maka semakin banyak komponen cadangan yang siap menggantikan komponen mesin ketika terjadi kerusakan. Namun, keterbatasan kapasitas gudang dan ongkos yang dikeluarkan menyebabkan penyediaan komponen cadangan harus dibatasi.

### 5.3 ANALISIS EXPECTED COST

Nilai *expected cost* Komponen *Pin* mengalami penurunan dan konstan ketika nilai  $T_{pm} = 3$  untuk ketiga pendekatan. *Expected cost* Komponen *Journal Box* mengalami penurunan dan konstan ketika nilai  $T_{pm} = 4$  untuk ketiga pendekatan. *Expected cost* Komponen *Roller* mengalami penurunan dan konstan ketika nilai  $T_{pm} = 2$  untuk ketiga pendekatan. Dapat dianalisis ongkos yang dikeluarkan ketika,  $T_{pm} > T_{pm}$  konstan tidak akan lebih murah lagi, karena bertambahnya nilai  $T_{pm}$  tidak dapat diartikan umur komponen akan bertambah hingga terdapat nilai konstan yang menunjukkan ongkos minimal yang dikeluarkan untuk perawatan.

### 5.4 ANALISIS UMUR PENGGANTIAN KOMPONEN

Analisis umur penggantian komponen dilakukan untuk melihat hasil nilai  $T_{pm}$  yang dihasilkan dari perhitungan dapat dilakukan atau tidak. Analisis ini dilakukan pada komponen *Pin*, *Journal Box* dan *Roller*.

#### 5.4.1 Analisis Umur Penggantian Komponen *Pin*

Umur penggantian yang dihasilkan untuk Komponen *Pin* adalah tiga hari. Umur penggantian ini *feasible* untuk dilakukan, validasi dilakukan berdasarkan perbandingan tanggal perawatan sebenarnya dengan tanggal perawatan maksimal yaitu tiga hari serta tanggal perawatan yang dikeluarkan oleh model. Berdasarkan perhitungan validasi, selang waktu penggantian Komponen *Pin* optimal adalah tiga hari.

#### 5.4.2 Analisis Umur Penggantian Komponen *Journal Box*

Umur penggantian yang dihasilkan untuk Komponen *Journal Box* adalah empat hari. Umur penggantian ini *feasible* untuk dilakukan, validasi dilakukan berdasarkan perbandingan tanggal perawatan sebenarnya dengan tanggal perawatan maksimal yaitu empat hari serta tanggal perawatan yang dikeluarkan oleh model. Berdasarkan perhitungan validasi, selang waktu penggantian Komponen *Journal Box* optimal adalah empat hari.

#### 5.4.3 Analisis Umur Penggantian Komponen *Roller*

Umur penggantian yang dihasilkan untuk Komponen *Roller* adalah dua hari. Umur penggantian ini *feasible* untuk dilakukan, validasi dilakukan berdasarkan perbandingan tanggal perawatan sebenarnya dengan tanggal perawatan maksimal yaitu dua hari serta tanggal perawatan yang dikeluarkan oleh model. Berdasarkan perhitungan validasi, selang waktu penggantian Komponen *Roller* optimal adalah dua hari.

### 5.5 ANALISIS JUMLAH KOMPONEN CADANGAN

Setelah ditentukan nilai  $T_{pm}$  masing-masing komponen selanjutnya adalah menganalisis jumlah komponen cadangan yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan ongkos total. Hasil perhitungan ongkos total yang dilakukan adalah dengan menjumlahkan nilai *expected cost* dari  $T_{pm}$  terpilih dengan harga beli komponen mesin yang sudah dikalikan dengan tingkat inflasi. Pengalihan dengan tingkat inflasi dilakukan karena perusahaan akan melakukan investasi jangka panjang, sehingga harga komponen dapat berubah seiring bertambahnya waktu.



Jumlah komponen cadangan untuk Komponen *Pin* sebanyak enam unit dengan ongkos total minimum sebesar Rp. 2.603.252. Komponen *Journal Box* sebanyak empat unit dengan ongkos total minimum sebesar Rp. 1.756.024. Komponen *Roller* sebanyak lima unit dengan ongkos total minimum sebesar Rp. 1.374.565. Jumlah komponen cadangan ini terpilih berdasarkan penurunan ongkos total yang paling minimum dari seluruh jumlah komponen cadangan dan berdasarkan hasil perhitungan pendekatan tiga.

## 6. KESIMPULAN

### 6.1 KESIMPULAN

Simpulan merupakan jawaban dari tujuan dan analisis. Berdasarkan tujuan dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu perawatan pencegahan optimal dengan biaya minimum untuk masing-masing komponen yang diteliti adalah sebagai berikut:
  - a. *Pin* = 3 hari
  - b. *Journal Box* = 4 hari
  - c. *Roller* = 2 hari
2. Jumlah komponen cadangan optimal dan ongkos minimum dari pendekatan tiga ( $R_{pm} < R_{cm}$ ), untuk masing-masing komponen kritis yang terpilih adalah sebagai berikut:
  - a. *Pin* = 6 unit, dengan total ongkos Rp. 2.603.252
  - b. *Journal Box* = 4 unit, dengan total ongkos Rp. 1.756.024
  - c. *Roller* = 5 unit, dengan total ongkos Rp. 1.374.565
3. Berdasarkan hasil perhitungan, grafik pada Lampiran E dan analisis yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa:
  - a. *Expected uptime* akan mengalami kenaikan seiring bertambahnya nilai  $n$  hingga akhirnya mencapai nilai konstan pada suatu nilai  $T_{pm}$ .
  - b. *Expected downtime* dan *expected cost* akan mengalami penurunan seiring bertambahnya nilai  $n$  hingga akhirnya mencapai nilai konstan pada suatu nilai  $T_{pm}$ .

### 6.2 SARAN

Saran yang diberikan pada perusahaan adalah perusahaan sebaiknya menggunakan jumlah komponen cadangan optimal yang dihasilkan oleh model yang sudah divalidasi berdasarkan selang waktu umur perawatan maksimal. Selain itu, perusahaan disarankan melakukan perawatan pencegahan sesuai dengan selang waktu optimal yang dihasilkan. Perusahaan dapat melakukan penghematan jika menjalankan waktu optimal dan menyediakan komponen optimal sesuai dengan yang dihasilkan oleh perhitungan model yang telah divalidasi. Selain itu, perusahaan disarankan untuk melakukan perawatan pencegahan untuk masing-masing komponen mesin, bukan hanya perawatan pencegahan untuk mesinnya saja, karena setiap komponen mesin memiliki umur yang berbeda-beda. Perawatan pencegahan untuk masing-masing komponen mesin dapat meminimasi kondisi *downtime* yang sangat merugikan bagi perusahaan.

## REFERENSI

Ebeling, Charles E., 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Singapura, The McGraw-Hill Book Co.

Smith, M.A.J. and Dekker, R., 1997, *Preventive Maintenance in a 1 Out of n System: The Uptime, Downtime, and Costs*, European Journal of Operations Research.

*Usulan Selang Waktu Perawatan dan Jumlah Komponen Cadangan Optimal dengan Biaya Minimum Menggunakan Metode Smith dan Dekker (Studi Kasus di PT. X)*

Sodikin, Imam, 2011, *Penentuan Kombinasi Waktu Perawatan Preventif dan Jumlah Persediaan Komponen Guna meningkatkan Peluang Sukses Mesin Dalam Memenuhi Target Produksi*, Yogyakarta, Jurnal Teknologi Institut Sains & Teknologi AKPRIND.

Sudrajat, Ating, Ir., MT, 2011, *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*, Bandung, PT. Refika Aditama.

Soen, Suryadi Wijaya, 2005, *Penentuan Jumlah Komponen Cadangan Berdasarkan Metode Smith dan Dekker Dengan Memperhitungkan Harga Komponen Mesin*, Bandung.

Sudrajat, Ating, Ir., MT, 2011, *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*, Bandung, PT. Refika Aditama.