

# JADWAL PERAWATAN PENCEGAHAN KERUSAKAN KOMPONEN *OIL SEAL* PADA MESIN *BALL MILL* DENGAN KRITERIA MINIMISASI TOTAL ONGKOS\*

Ryan Febrianda, Yanti Helianty, Fifi Herni Mustofa

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: [ryanfebrianda@gmail.com](mailto:ryanfebrianda@gmail.com)

## ABSTRAK

*PT Wahana Interfood Nusantara dalam melakukan perawatan pada mesin selama ini masih bersifat corrective maintenance, artinya komponen akan diganti apabila benar-benar telah mengalami kerusakan. Komponen Oil Seal pada mesin Ball Mill merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan. Tahap yang dilakukan dalam algoritma ini adalah tahap perhitungan data waktu kerusakan, tahap pengujian distribusi antar kerusakan, tahap penentuan parameter distribusi, tahap penentuan fungsi keandalan dan tahap perhitungan interval waktu penggantian dengan kriteria minimasi total ongkos. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan jadwal optimal pada periode waktu penggantian sebesar 128 hari dengan estimasi ongkos sebesar Rp. 80.978,46.*

**Kata kunci:** Preventive maintenance, fungsi keandalan, ongkos.

## ABSTRACT

*PT Wahana Interfood Nusantara in performing maintenance on a machine today is still corrective maintenance, it means the components will be replaced if it really had been damaged. Oil Seal component on the Ball Mill machine is the most frequently damaged component which can causing losing profit to the company. Steps done in this algorithm is calculation stage time data damage, the testing phase distribution between failures, the distribution parameter determining stage, the stage of determining the function of the reliability and calculation phase replacement time interval with the total cost minimization criteria. Based on the results of data processing obtained at the optimal schedule for replacement time period of 128 days with an estimated cost of Rp. 80,978.46.*

**Keywords:** Preventive maintenance, reliability function, 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 Pengantar**

PT Wahana Interfood Nusantara merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang makanan. Perusahaan ini memproduksi berbagai macam jenis coklat seperti minuman coklat bubuk, coklat batang dan coklat mentah. Adapun perawatan yang dilakukan terhadap mesin di PT Wahana Interfood Nusantara selama ini hanya terbatas pada perawatan ketika mesin mengalami kerusakan saja (*corrective maintenance*) dan belum memiliki jadwal waktu perawatan yang ditentukan.

Kerusakan mesin yang sering terjadi akibat kurangnya kegiatan perawatan pada komponen mesin yang akan menghambat kegiatan proses produksi. Terhambatnya kegiatan proses produksi dapat menghasilkan kerugian pada perusahaan akibat berkurangnya kemampuan produksi perusahaan tersebut. Kerugian akibat mesin rusak adalah seperti bahan baku yang diolah ketika mesin rusak harus buang atau dinyatakan *reject*. Dengan perawatan yang teratur dan baik dapat meningkatkan produktivitas perusahaan karena mesin yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dan siap pakai.

Saat ini PT Wahana Interfood Nusantara menggunakan berbagai jenis mesin antara lain mesin *oven*, mesin *ball mill*, mesin giling, mesin *mixing tank*, mesin *powder mixer*, mesin *tempering selmi*, mesin *cooling tunnel*, mesin *sealer*, mesin *horizontal wrapper packaging*. Mesin *ball mill* memegang peranan paling besar karena seluruh produk coklat yang diproduksi pasti diolah menggunakan mesin ini.

Dari hasil wawancara diketahui mesin yang mengalami frekuensi kerusakan paling banyak adalah mesin *ball mill*. Oleh karena itu diperlukan tindakan perawatan pencegahan kerusakan terhadap mesin tersebut agar ongkos yang dikeluarkan akibat kerusakan mesin tersebut dapat ditekan. Tindakan perawatan yang dimaksud adalah perawatan penggantian komponen secara berkala dengan total ongkos yang minimum.

### **1.2 Identifikasi Masalah**

Selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem perawatan ketika terjadi kerusakan (*corrective maintenance*). Tidak terdapatnya jadwal perawatan pencegahan yang berkala (*preventive maintenance*) untuk masing masing komponen penyusun mesin itu mengakibatkan komponen cepat rusak, mesin berhenti beroperasi dan kehilangan keuntungan (*lost profit*). Oleh karena itu, dengan adanya jadwal perawatan optimal pada pencegahan kerusakan mesin dengan kriteria minimasi total ongkos dimana mencari jadwal penggantian komponen kritis kemudian jadwal penggantian yang sudah diketahui digabungkan berdasarkan ekspektasi biaya total. Penelitian dilakukan menggunakan model matematis yang dikembangkan oleh Jardine (1973). Penggantian dengan biaya total yang terkecil dapat menurunkan ongkos yang dikeluarkan akibat kerusakan mesin.

## **2. STUDI LITERATUR**

### **2.1 Perawatan**

*Maintenance* adalah pekerjaan yang dilakukan guna menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas agar tetap dalam keadaan standar yang dapat diterima menurut standar yang berlaku pada tingkat biaya yang wajar (Suparlan, 1989).

Menurut Ebeling (1997), tujuan dilakukan proses perawatan adalah sebagai berikut:

1. Memperpanjang waktu pengoprasian peralatan semaksimal mungkin dengan biaya seminimal mungkin.
2. Menjamin keandalan dan kesiapan peralatan yang optimal untuk mendapatkan untung yang maksimal.
3. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan modal serta menjaga modal yang di investasikan oleh perusahaan.

## 2.2 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang paling baik digunakan karena dapat menggambarkan laju kerusakan yang meningkat maupun menurun (Ebeling, 1997). Pada distribusi Weibull dua parameter terdapat parameter skala ( $\alpha$ ) dan parameter bentuk ( $\beta$ ). Nilai parameter skala ( $\alpha$ ) mempengaruhi nilai tengah dan sebaran dari distribusi data sedangkan nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) menggambarkan karakteristik kerusakan dari suatu komponen atau sistem.

## 2.3 Fungsi Keandalan dan Laju Kegagalan Beberapa Fungsi Distribusi

Distribusi Weibull ekuivalen dengan distribusi lainnya, tergantung pada parameter bentuk  $\beta$ .

- a. Jika  $0 < \beta < 1$  maka distribusi Weibull mendekati distribusi hiper eksponensial dan laju kerusakan menurun seiring waktu.
- b. Jika  $\beta = 1$  maka distribusi Weibull mendekati distribusi eksponensial negatif dan laju kerusakan konstan dari waktu ke waktu.
- c. Jika  $1 < \beta < 2$  maka distribusi Weibull mendekati distribusi normal dan laju kerusakan meningkat seiring waktu.
- d. Jika  $\beta = 2$  maka distribusi Weibull setara dengan distribusi rayleigh dan laju kerusakan meningkat seiring waktu.
- e. Jika  $3 \leq \beta \leq 4$  maka distribusi Weibull mendekati distribusi lognormal dan laju kerusakan meningkat seiring waktu.

Berikut adalah fungsi-fungsi dari distribusi Weibull:

1. Fungsi keandalan (*Reliability Function*)
 
$$R(t) = \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \right] \quad (1)$$

2. Fungsi distribusi kumulatif kerusakan (*Cumulative Distribution Function*)
 
$$F(t) = 1 - \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \right] \quad (2)$$

3. Fungsi kepadatan peluang kerusakan (*Probability Distribution Function*)
 
$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \right] \quad (3)$$

4. Fungsi laju kerusakan (*Hazard Function*)
 
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (4)$$

## 2.4 Konsep Keandalan

Keandalan (*reliability*) adalah peluang suatu komponen atau sistem akan bekerja sesuai fungsinya selama periode waktu tertentu ketika digunakan di bawah kondisi yang telah ditentukan (Ebeling, 1997). Fungsi keandalan merupakan probabilitas suatu komponen atau sistem akan berfungsi selama selang waktu  $t$ , dinotasikan dengan  $R(t)$ . Fungsi distribusi kumulatif adalah probabilitas suatu kerusakan akan terjadi sebelum waktu  $t$ , dinotasikan dengan  $F(t)$ . Fungsi kepadatan peluang menunjukkan bentuk dari distribusi kerusakan komponen yang dinotasikan dengan  $f(t)$ . dan fungsi laju kerusakan yang menunjukkan probabilitas suatu komponen atau sistem akan mengalami kerusakan pada selang waktu waktu tertentu dinotasikan dengan  $\lambda(t)$ .

## 2.5 Penggantian Pencegahan Optimal Berdasarkan Umur Komponen, dengan Mempertimbangkan Waktu yang Dibutuhkan untuk Efek Kegagalan dan Penggantian Pencegahan

Tindakan penggantian pencegahan dilakukan berdasarkan umur komponen (*preventive replacement age of equipment*). Dalam model ini, kebijakan penggantian yaitu dengan melakukan penggantian pencegahan ketika komponen mencapai umur  $t$  tertentu, sekaligus penggantian kerusakan jika diperlukan.

$$C(t_p) = \frac{C_p \times R(t_p) + (C_f \times [1 - R(t_p)])}{(t_p + T_p)R(t_p) + [M t_p + T_f][1 - R(t_p)]} \quad (5)$$

Keterangan:

$C(t_p)$  = ekspektasi total biaya penggantian per satuan waktu ( $t_p$ ).

$C_f$  = ongkos penggantian kerusakan untuk melakukan penggantian pencegahan

$C_p$  = ongkos penggantian pencegahan untuk melakukan penggantian pencegahan

$f(t_p)$  = *probability density function*

$T_p$  = waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan

$T_f$  = waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian kerusakan

$R(t_p)$  = fungsi keandalan peralatan atau mesin pada waktu  $t_p$

$M(t_p)$  = rata-rata waktu terjadinya kerusakan ketika penggantian pencegahan dilakukan pada waktu  $t_p$

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah pemecahan masalah dalam pengolahan data ini adalah dengan mencari studi literatur tentang perawatan distribusi weibull, konsep keandalan, fungsi keandalan, laju kegagalan beberapa fungsi distribusi, penentuan distribusi dan model pencegahan optimal.

Setelah itu dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi pada PT Wahana Interfood Nusantara dimana identifikasi masalah tersebut mencari masalah yang dapat dipecahkan melalui metode perawatan. Dan setelah itu melakukan pengolahan data dengan mengumpulkan data waktu dan kejadian kerusakan dan mencari komponen yang paling sering mengalami kerusakan dan data tersebut diolah menjadi data interval waktu kerusakan yang berfungsi untuk menghitung nilai distribusi Weibull. Dan mencari data waktu kerusakan, data waktu ongkos kerusakan, data waktu perawatan pencegahan dan data waktu ongkos perawatan pencegahan. Setelah itu dilakukan uji distribusi Weibull dan dicari nilai skala ( $\alpha$ ) dan parameter bentuk ( $\beta$ ). Dan setelah itu dilakukan perhitungan fungsi keandalan dan perhitungan total ongkos terkecil.

Dan dilakukan analisis data kerusakan, analisis pengumpulan data, analisis distribusi waktu antar kerusakan dan analisis penentuan jadwal perawatan pencegahan berdasarkan minimasi total ongkos. Setelah dilakukan analisis maka dilakukan kesimpulan dan saran kepada PT Wahana Interfood Nusantara.

## 4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Pengumpulan Data

Berikut pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Data Tanggal dan Kejadian Kerusakan

Data tanggal dan kejadian kerusakan pada mesin *ball mill* di PT Wahana Interfood Nusantara dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Tanggal dan Kejadian Kerusakan Mesin *Ball Mill***

| No | Tgl. Kerusakan    | Kejadian                                  |
|----|-------------------|---|
| 1  | 07 Februari 2012  | Bahan menggumpal pada pomp R dan pomp L   |
| 2  | 29 Juli 2012      | Kebocoran oli                             |
| 3  | 27 September 2012 | Suhu ball mill panas                      |
| 4  | 02 November 2012  | Gear transfer aus                         |
| 5  | 13 Februari 2013  | Kebocoran oli                             |
| 6  | 1 April 2013      | Bahan menggumpal pada pomp R dan pomp L   |
| 7  | 28 Agustus 2013   | Suhu ball mill panas (mengatur sirkulasi) |
| 8  | 7 Oktober 2013    | Kebocoran oli                             |
| 9  | 24 November 2013  | Switch on off konslet                     |
| 10 | 5 Januari 2014    | Bahan menggumpal pada pomp R dan pomp L   |
| 11 | 17 Maret 2014     | Kebocoran oli                             |
| 12 | 14 April 2014     | Saluran pomp R dan pomp L bocor           |
| 13 | 20 April 2014     | Suhu ball mill panas (mengatur sirkulasi) |
| 14 | 17 Juni 2014      | Kebocoran oli                             |
| 15 | 12 Oktober 2014   | Kebocoran oli                             |
| 16 | 26 November 2014  | Saluran air mampet (service pompa)        |
| 17 | 4 Desember 2014   | Bahan menggumpal pada pomp R dan pomp L   |

## 2. Data Waktu Antar Kerusakan

Data waktu antar kerusakan didapat dari perhitungan selisih waktu antara dua kerusakan kebocoran oli dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data Waktu Antar Kerusakan**

| No | Tgl. Kerusakan | Waktu antar kerusakan (Hari) |
|----|----------------|------------------------------|
| 1  | 29/07/2012     | -                            |
| 2  | 13/02/2013     | 198                          |
| 3  | 7/10/2013      | 235                          |
| 4  | 17/03/2014     | 160                          |
| 5  | 17/06/2014     | 91                           |
| 6  | 12/10/2014     | 116                          |

## 3. Data Waktu Penggantian Kerusakan dan Data Waktu Perawatan Pencegahan

Berikut ini adalah data waktu penggantian kerusakan dan Data Waktu Perawatan Pencegahan pada mesin *ball mill*. Besar dari waktu kegiatan penggantian kerusakan diperoleh dari hasil wawancara dengan operator *maintenance* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

## 4. Data Ongkos Penggantian Kerusakan dan Data Ongkos Perawatan Pencegahan

Data ongkos penggantian kerusakan dan Data Ongkos Perawatan Pencegahan ini didapat dari hasil wawancara dengan bagian *manager* pabrik PT Wahana Interfood Nusantara dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

**Tabel 3. Data Waktu Penggantian Kerusakan Komponen *Oil Seal***

| No    | Kegiatan                           | Waktu (Menit/Proses) | Waktu (Hari/Proses) |
|-------|------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1     | Menguras isi mesin                 | 40                   | 0.0278              |
| 2     | Membongkar mesin                   | 60                   | 0.0417              |
| 3     | Pemeriksaan kondisi mesin          | 20                   | 0.0139              |
| 4     | Mengganti komponen <i>Oil Seal</i> | 20                   | 0.0139              |
| 5     | Membersihkan dan memberi pelumas   | 30                   | 0.0208              |
| 6     | Memasang mesin                     | 40                   | 0.0278              |
| 7     | Menyetel mesin                     | 30                   | 0.0208              |
| Total |                                    | 240                  | 0.1667              |

**Tabel 4. Data Waktu Penggantian Pencegahan Komponen *Oil Seal***

| No    | Kegiatan                           | Waktu (Menit/Proses) | Waktu (Hari/Proses) |
|-------|------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1     | Membongkar mesin                   | 60                   | 0.0417              |
| 2     | Mengganti komponen <i>Oil Seal</i> | 20                   | 0.0139              |
| 3     | Membersihkan dan memberi pelumas   | 30                   | 0.0208              |
| 4     | Memasang mesin                     | 40                   | 0.0278              |
| 5     | Menyetel mesin                     | 30                   | 0.0208              |
| Total |                                    | 180                  | 0.1250              |

**Tabel 5. Rekapitulasi Ongkos Penggantian Kerusakan**

| No    | Data Ongkos                     | Rupiah       |
|-------|---------------------------------|--------------|
| 1     | Ongkos operator yang menganggur | 24.000       |
| 2     | Ongkos suku cadang              | 800.000      |
| 3     | Ongkos keuntungan yang hilang   | 6.833.333.3  |
| 4     | Harga bahan baku yang hilang    | 13.519.626.7 |
| Total |                                 | 24.593.626.7 |

**Tabel 6. Rekapitulasi Ongkos Penggantian Pencegahan**

| No    | Data Ongkos                     | Rupiah/Proses |
|-------|---------------------------------|---------------|
| 1     | Ongkos operator yang menganggur | 18.000        |
| 2     | Ongkos suku cadang              | 800.000       |
| 3     | Ongkos keuntungan yang hilang   | 5.125.000     |
| Total |                                 | 5.943.000     |

## 4.2 Pengolahan Data

Berikut pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Penentuan Distribusi Dan Pengujian Kecocokan Distribusi Waktu Antar Kerusakan Berikut merupakan langkah-langkah pengujian distribusi waktu antar kerusakan yang digunakan pada *Mann's Test*.

a. Hipotesis penelitian, yaitu:

( $H_0$ ) : Pola waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull Dua Parameter.

( $H_1$ ) : Pola waktu antar kerusakan tidak berdistribusi Weibull Dua Parameter.

b. Tingkat kepercayaan ( $\alpha$ ) yang digunakan adalah 95% atau 0,95.

c. Bentuk distribusi yang digunakan adalah distribusi F.

d. Perhitungan nilai statistik, yaitu:

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{5}{2} = 2,5$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{5-1}{2} = 2$$

$$v_1 = 2 k_1 = 5$$

$$v_2 = 2 k_2 = 4$$

**Tabel 7. Uji Distribusi Weibull**

| No    | $T_i$ | $X_i$  | $Z_i$   | $M_i$  | $X_{i+1} - X_i$ | $\frac{(X_{i+1} - X_i)}{M_i}$ |
|-------|-------|--------|---------|--------|-----------------|-------------------------------|
| 1     | 91    | 4.5109 | -2.3018 | 1.2125 | 0.2427          | 0.2002                        |
| 2     | 116   | 4.7536 | -1.0892 | 0.6533 | 0.3216          | 0.4923                        |
| 3     | 160   | 5.0752 | -0.4360 | 0.5300 | 0.2131          | 0.4020                        |
| 4     | 198   | 5.2883 | 0.0940  | 0.5717 | 0.1713          | 0.2997                        |
| 5     | 235   | 5.4596 | 0.6657  |        |                 |                               |
| Total |       |        |         |        |                 | 1.3942                        |

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=K_1+1}^{r-1} \frac{X_{i+1} - X_i}{M_i}}{k_2 \sum_{i=1}^{r-1} \frac{X_{i+1} - X_i}{M_i}} = 0.986826$$

Contoh perhitungan:

$$X_i = \ln(t_i) = \ln 91 = 4.510859507$$

$$Z_i = \ln(-\ln(1 - (\frac{i-0.5}{n+0.25}))) = \ln(-\ln(1 - (\frac{1-0.5}{5+0.25}))) = -2.301$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i = -1.089 - (-2.301) = 1.212$$

$$X_{i+1} - X_i = 4.753590191 - 4.510859507 = 0.242730685$$

**Tabel 8. Rekapitulasi Uji Distribusi Weibull**

| No | Uraian      | Jawaban  |
|----|-------------|----------|
| 1  | $k_1$       | 2,5      |
| 2  | $k_2$       | 2        |
| 3  | $v_1$       | 5        |
| 4  | $v_2$       | 4        |
| 5  | $M$         | 0.986826 |
| 6  | $F_{tabel}$ | 6.26     |

e. Kesimpulan

Pada pengujian hipotesis, dinyatakan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) akan diterima bila persyaratan pengujian terpenuhi, yaitu nilai  $M$  hitung lebih kecil dari nilai  $F_{tabel}$  ( $M < F_{tabel}$ ).

2. Perhitungan Parameter Distribusi

Berdasarkan hasil pengujian distribusi selanjutnya melakukan perhitungan parameter distribusinya, berikut merupakan perhitungan parameter distribusinya.

**Tabel 9. Estimasi Parameter Distribusi Weibull**

| No    | $T_i$ | $F_{ti}$ | $X_i$   | $Y_i$   | $X_i^2$ | $X_i \cdot Y_i$ |
|-------|-------|----------|---------|---------|---------|-----------------|
| 1     | 91    | 0.1296   | -1.9745 | 4.5109  | 3.8985  | -8.9065         |
| 2     | 116   | 0.3148   | -0.9727 | 4.7536  | 0.9461  | -4.6238         |
| 3     | 170   | 0.5000   | -0.3665 | 5.1358  | 0.1343  | -1.8823         |
| 4     | 198   | 0.6852   | 0.1448  | 5.2883  | 0.0210  | 0.7656          |
| 5     | 235   | 0.8704   | 0.7145  | 5.4596  | 0.5104  | 3.9006          |
| Total |       |          | -2.4544 | 25.1481 | 5.5103  | -10.7464        |

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - [\sum_{i=1}^N X_i]^2} = \left( \frac{5(-10.7464) - [-2.4544][25.1481]}{5(5.5103) - [-2.4544]^2} \right) = 0.3713$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = \left( \frac{25.1481}{5} - (0.3713) \frac{[-2.4544]}{5} \right) = 5.2119$$

$$\beta = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.3713} = 2.6935$$

$$a = \exp(a) = \exp(5.2119) = 183.4367$$

### 3. Penentuan Fungsi Keandalan

Telah diperoleh nilai  $a$  sebesar 183.4367 dan nilai  $\beta$  sebesar 2.6935, maka dapat dihitung beberapa fungsi sebagai berikut:

- Fungsi padat peluang  $f(t)$

$$f(t_p) = \frac{2.6935}{183.4367} \left[ \frac{t_p}{183.4367} \right]^{2.6935-1} \cdot \exp \left[ - \left[ \frac{t_p}{183.4367} \right]^{2.6935} \right]$$

- Fungsi distribusi kerusakan kumulatif  $F(t)$

$$F(t_p) = 1 - \exp \left[ - \left[ \frac{t_p}{183.4367} \right]^{2.6935} \right]$$

- Fungsi keandalan  $R(t_p)$

$$R(t_p) = \exp \left[ - \left[ \frac{t_p}{183.4367} \right]^{2.6935} \right]$$

- Fungsi laju kerusakan  $\lambda(t)$

$$\lambda(t_p) = \frac{2.6935}{183.4367} \left[ \frac{t_p}{183.4367} \right]^{2.6935-1}$$

### 4. Perhitungan Dan Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Berdasarkan Minimasi Total Ongkos

**Tabel 10. Perhitungan Interval Waktu Perawatan**

| $t_p$<br>(hari) | $C_p$ (Rp) | $C_f$ (Rp)   | $T_p$ (hari) | $T_f$ (hari) | $R(t_p)$ | $1 - R(t_p)$ | $\lambda(t_p)$ | $f(t_p)$ | $Mtp$ (hari) | $C(tp)$ (hari) |
|-----------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|----------------|----------|--------------|----------------|
| 125             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.7005   | 0.2995       | 0.0077         | 0.0054   | 139.8427     | 81013.88       |
| 126             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6952   | 0.3048       | 0.0078         | 0.0054   | 140.4152     | 81012.20       |
| 127             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6897   | 0.3103       | 0.0079         | 0.0054   | 141.6404     | 80994.21       |
| 128             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6843   | 0.3157       | 0.0080         | 0.0055   | 142.7120     | 80978.46       |
| 129             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6788   | 0.3212       | 0.0081         | 0.0055   | 142.4796     | 81188.00       |
| 130             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6733   | 0.3267       | 0.0082         | 0.0055   | 142.2583     | 81404.33       |
| 131             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6678   | 0.3322       | 0.0083         | 0.0055   | 142.0510     | 81626.66       |
| 132             | 5943000    | 24.593.626,7 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6622   | 0.3378       | 0.0084         | 0.0056   | 141.8279     | 81860.83       |

Hasil perhitungan interval penggantian, biaya terus menurun hingga 128 hari dan naik kembali pada hari 129. Oleh karena itu, hari 128 merupakan titik optimal dengan ekspektasi biaya penggantian sebesar Rp. 80.978,46,-

## 5. ANALISIS

### 5.1 ANALISIS DATA KERUSAKAN

Dari data kejadian kerusakan dapat dilihat bahwa kerusakan yang paling banyak terjadi adalah kebocoran oli. Hal itu disebabkan karena komponen *oil seal* sudah mengalami kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh panas mesin yang digunakan terus menerus sehingga menyebabkan *oil seal* mengalami pengerasan dan kerapuhan yang berakibat pada bocornya oli dan mengharuskan mengganti dengan komponen *oil seal* yang baru.

## 5.2 ANALISIS PENGUMPULAN DATA

Data yang dikumpulkan atau dibutuhkan adalah data waktu dan tanggal kejadian kerusakan, data waktu perawatan pencegahan, data waktu penggantian kerusakan, dan data ongkos atau biaya yang terkait. Data ongkos-ongkos atau biaya-biaya yang terkait meliputi ongkos operator yang mengganggu yaitu ongkos yang dihitung berdasarkan waktu operator tidak mengerjakan pekerjaan saat mesin mengalami kerusakan, ongkos suku cadang yaitu ongkos yang dikeluarkan akibat dari kerusakan ataupun perawatan mesin, yaitu ongkos keuntungan yang hilang adalah ongkos kerugian yang disebabkan oleh kerusakan mesin.

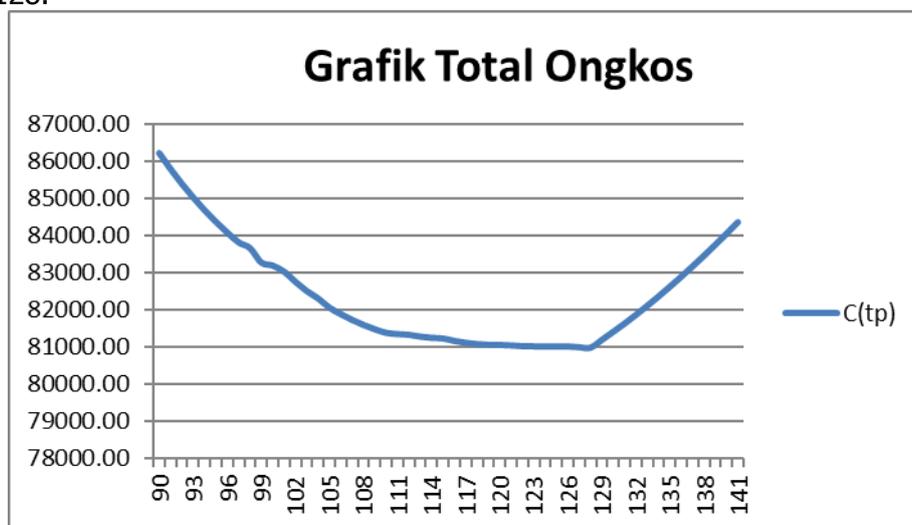
## 5.3 ANALISIS DISTRIBUSI WAKTU ANTAR KERUSAKAN

Dalam menguji kecocokan distribusi tersebut digunakan *man's test* untuk mengetahui data yang diuji berdistribusi Weibull atau tidak dengan cara membandingkan nilai  $M$  dengan  $F_{tabel}$ . Jika nilai  $M$  lebih kecil dari nilai  $F_{tabel}$  maka data kerusakan berdistribusi Weibull. Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai  $M$  sebesar 1.337 dan nilai  $F_{tabel(0,05.2.2)}$  sebesar 6.26. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai  $M < F_{tabel}$  atau  $(1.39593718 < 6.26)$ , maka hipotesa nol ( $H_0$ ) diterima yang berarti bahwa pola waktu antar kerusakan berdistribusi Weibull.

Setelah dilakukan pengujian distribusi Weibull maka selanjutnya menghitung parameter skala ( $\alpha$ ) dan parameter bentuk ( $\beta$ ). Dari hasil perhitungan didapat nilai parameter skala ( $\alpha$ ) sebesar 183.4367 dan nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) sebesar 2.6935. Nilai parameter  $\beta > 2$  menunjukkan bahwa laju kerusakan meningkat menggambarkan kurva berbentuk konveks. Sedangkan nilai parameter skala ( $\alpha$ ) menunjukkan jika semakin besar nilai parameter skala ( $\alpha$ ) maka semakin rendah laju kerusakan. Berdasarkan nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) yang didapat, sesuai dengan teori Jardine (1973) yaitu resiko kerusakan komponen harus meningkat seiring dengan umur komponen.

## 5.4 ANALISIS PENENTUAN JADWAL PERAWATAN PENCEGAHAN BERDASARKAN MINIMASI TOTAL ONGKOS

Analisis penentuan jadwal perawatan pencegahan pada PT Wahana Interfood Nusantara, dengan melihat nilai total ongkos yang terkecil pada perioda  $t_p$ . Jika total ongkos terkecil telah didapat pada periode  $t_p$  maka jadwal perawatan pencegahan berdasarkan minimasi total ongkos dapat ditentukan. Dilihat dari hasil perhitungan didapatkan total ongkos terkecil pada  $t_p = 128$ .



Gambar 1. Grafik Total Ongkos

## 5.5 ANALISIS SENSITIVITAS

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengamati pengaruh perubahan variabel yang digunakan dalam penelitian.

### 5.5.1 Kenaikan Ongkos Suku cadang

Pada saat ini ongkos suku cadang tidak dapat diprediksi apakah ongkos tersebut tetap, naik ataupun turun (ber-fluktuatif). Pada analisa sensitivitas ini dilakukan dengan merubah nilai variabel ongkos operator dan ongkos suku cadang dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11. Perhitungan Interval Waktu Perawatan Dengan Kenaikan Ongkos Suku Cadang**

| $t_p$<br>(hari) | $C_p$<br>(Rp) | $C_f$<br>(Rp) | $T_p$<br>(hari) | $T_f$<br>(hari) | $R$<br>( $t_p$ ) | $1 - R$<br>( $t_p$ ) | $\lambda$<br>(t) | $f$<br>( $t_p$ ) | $Mtp$<br>(hari) | $C$<br>( $t_p$ )(hari) |
|-----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| 125             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.7005           | 0.2995               | 0.0077           | 0.0054           | 139.84          | 124201.01              |
| 126             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.6952           | 0.3048               | 0.0078           | 0.0054           | 140.42          | 123863.62              |
| 127             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.6897           | 0.3103               | 0.0079           | 0.0054           | 141.64          | 123504.65              |
| 128             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.6843           | 0.3157               | 0.0080           | 0.0055           | 142.71          | 123152.56              |
| 129             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.6788           | 0.3212               | 0.0081           | 0.0055           | 142.48          | 123145.65              |
| 130             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.6733           | 0.3267               | 0.0082           | 0.0055           | 142.26          | 123150.72              |
| 131             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.6678           | 0.3322               | 0.0083           | 0.0055           | 142.05          | 123166.52              |
| 132             | 8.669.100     | 24.758.426,7  | 0.1250          | 0.1667          | 0.6622           | 0.3378               | 0.0084           | 0.0056           | 141.83          | 123201.82              |

Setelah dilakukan uji sensitivitas terhadap kenaikan ongkos suku cadang didapatkan perubahan interval perawatan menjadi  $t_p = 129$ . Ongkos total sensitif ketika ongkos suku cadang mengalami kenaikan sebesar 700%. Kenaikan harga variabel dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

**Tabel 12. Kenaikan Harga Pada Penggantian Kerusakan**

| No    | Data Ongkos                     | Rupiah        |
|-------|---------------------------------|---------------|
| 1     | Ongkos operator yang menganggur | 24.000        |
| 2     | Ongkos suku cadang              | 6.400.000     |
| 3     | Ongkos keuntungan yang hilang   | 6.833.333.3   |
| 4     | Harga bahan baku yang hilang    | 13.519.626.7  |
| Total |                                 | 26.776.960.03 |

**Tabel 13. Kenaikan Harga Pada Penggantian Kerusakan**

| No    | Data Ongkos                     | Rupiah     |
|-------|---------------------------------|------------|
| 1     | Ongkos operator yang menganggur | 18.000     |
| 2     | Ongkos suku cadang              | 6.400.000  |
| 3     | Ongkos keuntungan yang hilang   | 5.125.000  |
| Total |                                 | 11.543.000 |

kenaikan harga menyebabkan jadwal perawatan pencegahan bergeser dan mengalami kenaikan ongkos yang berarti bahwa variabel ongkos operator dan komponen sensitif ketika ongkos suku adang mengalami kenaikan sebesar 700%.

### 5.5.2 Kenaikan Harga Bahan Baku

Pada saat ini harga bahan baku tidak dapat diprediksi apakah harga bahan baku tersebut tetap, naik ataupun turun (ber-fluktuatif). Pada analisa sensitivitas ini dilakukan dengan merubah nilai variabel harga bahan baku dapat dilihat pada Tabel 14.

**Tabel 14. Perhitungan Interval Waktu Perawatan Dengan Kenaikan Harga Bahan Baku**

| $t_p$ (hari) | $C_p$ (Rp) | $C_f$ (Rp)  | $T_p$ (hari) | $T_f$ (hari) | $R$ (tp) | $1 - R$ (tp) | $\lambda$ (t) | $f$ (tp) | $Mtp$ (hari) | $C$ (tp)(hari) |
|--------------|------------|-------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|----------|--------------|----------------|
| 123          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.7112   | 0.2888       | 0.0075        | 0.0053   | 138.656      | 81475.83       |
| 124          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.7059   | 0.2941       | 0.0076        | 0.0053   | 139.377      | 81473.28       |
| 125          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.7005   | 0.2995       | 0.0077        | 0.0054   | 140.130      | 81472.22       |
| 126          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6952   | 0.3048       | 0.0078        | 0.0054   | 140.914      | 81468.26       |
| 127          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6897   | 0.3103       | 0.0079        | 0.0054   | 141.808      | 81460.85       |
| 128          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6843   | 0.3157       | 0.0080        | 0.0055   | 142.712      | 81462.64       |
| 129          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6788   | 0.3212       | 0.0081        | 0.0055   | 142.480      | 81676.02       |
| 130          | 5943000    | 21379754.43 | 0.1250       | 0.1667       | 0.6733   | 0.3267       | 0.0082        | 0.0055   | 142.258      | 81898.22       |

**Tabel 15. Kenaikan Harga Bahan Baku**

| No    | Data Ongkos                     | Rupiah/Proses |
|-------|---------------------------------|---------------|
| 1     | Ongkos operator yang menganggur | 24.000        |
| 2     | Ongkos suku cadang              | 800.000       |
| 3     | Ongkos keuntungan yang hilang   | 6.833.333.3   |
| 4     | Harga bahan baku yang hilang    | 13.722.421.1  |
| Total |                                 | 21.379.754.43 |

Kenaikan harga menyebabkan jadwal perawatan menjadi lebih panjang dan mengalami kenaikan ongkos yang berarti bahwa variabel harga bahan baku sensitif ketika mengalami kenaikan sebesar 1.5%.

### 5.6 ANALISIS PERBANDINGAN INTERVAL PENGGANTIAN PENCEGAHAN DENGAN KONDISI SAAT INI

Interval penggantian pencegahan yang diusulkan yaitu dengan  $t_p = 128$  dengan biaya Rp.80.978,46/hari lebih kecil dari biaya yang selama ini dikeluarkan PT Wahana Interfood Nusantara yaitu sebesar Rp. 132.356/hari dengan  $t_p = 160$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa PT Wahana Interfood Nusantara sebaiknya melakukan penggantian komponen *oil seal* pada mesin *ball mill* berdasarkan perhitungan minimasi total biaya dengan waktu penggantian sebesar 128 hari.

## 6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah:

1. Dari hasil perhitungan distribusi Weibull didapat nilai parameter skala ( $\alpha$ ) sebesar 183.4367 dan nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) sebesar 2.6935.
2. Dilihat dari hasil pengolahan data didapatkan total ongkos terkecil pada  $t_p = 128$  dengan nilai ongkos sebesar Rp.80.978,46
3. Pada uji sensitivitas terhadap kenaikan ongkos suku cadang didapatkan perubahan interval perawatan menjadi  $t_p = 129$  dan mengalami kenaikan ongkos total per satuan waktu. Ongkos total sensitif ketika ongkos suku cadang mengalami kenaikan sebesar

700%.

4. Pada uji sensitivitas terhadap kenaikan ongkos bahan baku didapatkan perubahan interval perawatan menjadi  $t_p = 127$  dan mengalami kenaikan ongkos total per satuan waktu. Ongkos total sensitif ketika ongkos bahan baku mengalami kenaikan sebesar 1.5 %.
5. Interval penggantian pencegahan yang diusulkan yaitu dengan  $t_p = 128$  dengan biaya Rp.80.978,46/hari, lebih kecil dari biaya yang selama ini dikeluarkan PT Wahana Interfood Nusantara yaitu sebesar Rp. 132.356/hari dengan  $t_p = 160$ . Sehingga sebaiknya PT Wahana Interfood Nusantara melakukan penggantian komponen *oil seal* dengan waktu sebesar 128 hari.
6. Penerapan jadwal perawatan menurut kriteria minimasi total ongkos juga dapat dilakukan terhadap komponen mesin lainnya sehingga PT Wahana Interfood Nusantara tidak mengalami kerugian yang diakibatkan perbaikan mesin setelah terjadi kerusakan

### **REFERENSI**

Ebeling, Charles., 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, McGraw-Hill Companies, Singapore.

Jardine , A.K.S., 1973, *Maintenance, Replacement, and Reliability*, Pitman Publishing Corporation, Canada.

Suparlan, Suwadi.1989, Diktat *Maintenance* Jurusan Teknik Mesin ITB, Penerbit ITB.