

USULAN PENJADWALAN PERAWATAN MESIN GEAR HOBGING Y3150E MENGGUNAKAN PROPORTIONAL HAZARD MODEL DAN TOTAL TIME ON TEST PLOTTING DI CV CAHAYA ABADI TEKNIK*

Rifqi Nur Rivai, Kusmaningrum, Fifi Herni

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
Email: rifqinrivai@yahoo.com

ABSTRAK

Perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga dan mempertahankan kinerja suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan baik dan dalam kondisi siap pakai. Mesin gear hobbing Y3150E merupakan salah satu mesin produksi yang dimiliki oleh CV Cahaya Abadi Teknik yang berfungsi membuat roda gigi. Mesin ini memiliki tingkat kerusakan yang cukup tinggi yang mengakibatkan proses produksi terganggu, dengan demikian penting dilakukan penjadwalan perawatan pencegahan. Dalam penelitian ini dilakukan penjadwalan perawatan pencegahan dengan proportional hazard model dan total time on test plotting dengan memperhatikan variabel dimonitor. Berdasarkan data kerusakan yang ada, terdapat dua komponen kritis yaitu modul gear dan pompa coolant. Dengan menggunakan metode ini yang beracuan pada nilai mean time to failure, penjadwalan perawatan pencegahan optimal untuk komponen modul gear dan pompa coolant adalah 20 hari dan 37 hari.

Kata kunci: perawatan, proportional hazard model, total time on test plotting

ABSTRACT

Maintenance is an activity undertaken to preserve and to maintain the facilities performances so that it can be functioned properly and ready for use. Y3150E gear hobbing machine is one of the production machines owned by CV Cahaya Abadi Teknik, that serves to make gears. This machine has a high frequency of failure resulting in impaired production process, so it is important to do preventive maintenance. This research intended to schedule preventative maintenance using the proportional hazards model and the total time on test plotting by considering some monitored variables. Based on data analysis, there are two critical component choosed likes gear modul and coolant pump. Using this method, performance measured is Mean Time to Failure. The result of this study are optimal maintenance interval for the gear modul components and cooling pump components, that are 20 days and 37 days.

Keywords: maintenance, proportional hazard model, total time on test plotting

* 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 Latar Belakang

Industri manufaktur merupakan kelompok perusahaan sejenis yang mengolah bahan-bahan menjadi barang setengah jadi atau barang jadi yang bernilai tambah besar (Heizer, 2005). Dalam prosesnya untuk menghasilkan produk yang memiliki nilai jual dan fungsi khusus serta kualitas yang baik, hal yang harus diperhatikan perusahaan adalah dari segi mesin.

CV Cahaya Abadi Teknik merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak pada insurtsi manufaktur dan memiliki spesialisasi dalam pembuatan *spare part tower* dan *spare part* mesin industri. Salah satu *part* yang dihasilkan oleh CV Cahaya Abadi Teknik adalah roda gigi untuk keperluan mekanik tower BTS. Roda gigi yang dihasilkan oleh CV Cahaya Abadi Teknik dibuat pada mesin *gear hobbing* Y3150E. Terdapat kendala yang dihadapi oleh CV Cahaya Abadi Teknik dalam penggunaan mesin *gear hobbing* Y3150E, yaitu jumlah mesin yang ada hanya 1 (satu) unit, dan kemampuan mesin *gear hobbing* Y3150E terbatas. Selain itu penggunaan mesin *gear hobbing* Y3150E ini sangat tinggi, karena konsumen memesan roda gigi selalu dalam jumlah yang banyak.

1.2 Rumusan Masalah

Penjadwalan perawatan yang dilakukan oleh pihak perusahaan hanya dilakukan berdasarkan *corrective maintenance*, atau hanya dilakukan perawatan jika mesin sudah mengalami kerusakan. Hal ini bisa sangat mengganggu proses produksi yang berlangsung. Seharusnya pihak perusahaan dapat melakukan penjadwalan perawatan secara berkala tentunya dengan memperhatikan efek variabel dimonitor yang ada, mengingat fungsi dari mesin *gear hobbing* Y3150E yang sangat penting, dan jumlah dari mesin *gear hobbing* Y3150E yang dimiliki oleh CV Cahaya Abadi Teknik yang sangat terbatas, sehingga pada tugas akhir ini diusulkan penjadwalan perawatan untuk mesin *gear hobbing* Y3150E.

Ada beberapa metode untuk menentukan penjadwalan perawatan optimal, contohnya seperti dengan menggunakan kriteria minimasi biaya, dengan metode *age replacement*, dengan menggunakan kriteria minimasi *downtime*. Sementara penjadwalan perawatan yang diusulkan menggunakan *proportional hazard model* dan *total time on test-plotting* (TTT-Plotting).

Penggunaan *proportional hazard model* bertujuan untuk dapat mengetahui adanya pengaruh dari variabel yang dimonitor pada komponen kritis terhadap kerusakan mesin. Selain itu *proportional hazard model* pada dasarnya tidak harus memiliki spesifikasi bentuk yang fungsional, sehingga efek variabel dimonitor dapat digunakan sebagai fungsi dasar pada *proportional hazard model* ini. Variabel dimonitor itu sendiri merupakan variabel yang mempengaruhi laju kerusakan komponen secara langsung, terukur dan dapat dihitung, misalnya viskositas dari suatu pelumas, suhu atau temperatur. Pada kasus ini variabel yang dimonitor berupa jam kerja mesin dan banyaknya pemakanan benda kerja yang terjadi, sehingga jam kerja mesin dan banyaknya pemakanan benda kerja yang terjadi dapat diasumsikan sebagai fungsi dasar pada *proportional hazard model*.

Total time on test-plotting (TTT-Plotting) digunakan untuk melakukan perhitungan selang waktu penjadwalan perawatan dengan memperhatikan biaya perawatan dan keandalan. Sehingga penjadwalan perawatan ini memperhatikan selang waktu kerusakan pada masa lampau dan pengukuran kondisi mesin dapat dilakukan dengan menggunakan variabel yang dimonitor.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Perawatan

Menurut Corder (1988), *maintenance* adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaiki sampai, suatu kondisi yang bisa diterima. Sehingga perawatan atau *maintenance* merupakan suatu aktivitas atau tindakan untuk menjaga suatu fasilitas agar dalam keadaan siap guna dan tidak dalam keadaan rusak.

2.2 Konsep Keandalan

Keandalan menurut Ebeling (1997) didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan melakukan fungsi yang diperlukan pada jangka waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi yang sudah ditentukan. Fungsi keandalan merupakan peluang suatu komponen atau sistem tidak akan mengalami kerusakan selama selang waktu t . Sedangkan fungsi distribusi kumulatif merupakan peluang suatu komponen atau sistem mengalami kerusakan sebelum selang waktu t . Hubungan antara fungsi keandalan dan fungsi distribusi kumulatif dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (1)$$

2.3 Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan merupakan informasi dasar mengenai umur pakai suatu fasilitas baik peralatan atau mesin dalam suatu populasi tertentu. Distribusi kerusakan serta karakteristik kerusakan pada setiap alat dapat berbeda-beda. Ada beberapa distribusi yang dapat menggambarkan karakteristik kerusakan suatu alat, baik yang memiliki laju kerusakan konstan maupun yang memiliki laju kerusakan tidak konstan. Untuk yang memiliki laju kerusakan konstan dan tidak berubah terhadap waktu menggunakan distribusi Eksponensial. Sementara untuk yang memiliki laju kerusakan tidak konstan menggunakan distribusi Normal, distribusi Weibull dan distribusi Lognormal.

Distribusi Weibull dua parameter terdapat β sebagai parameter bentuk yang menggambarkan karakteristik dari suatu komponen dan θ sebagai parameter skala yang mempengaruhi nilai tengah dan sebaran data dari distribusi tersebut. Sementara pada distribusi Weibull tiga parameter terdapat t_0 sebagai parameter waktu. Pada distribusi Weibull tiga parameter lebih tepat digunakan jika suatu alat memiliki umur minimum, sehingga diasumsikan bahwa tidak akan terjadi kerusakan hingga selang waktu t_0 . Pada penelitian tugas akhir ini digunakan distribusi Weibull dua parameter, karena pada objek yang diteliti tidak terdapat umur minimum. Berikut merupakan karakteristik laju kerusakan untuk parameter bentuk (β) pada distribusi Weibull, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Parameter Bentuk Distribusi Weibull

| Nilai | Laju Kerusakan |
|-----------------------|---|
| $0 < \beta < 1$ | <i>Decreasing failure rate (DFR)</i> |
| $\beta = 1$ | <i>Exponential distribution (CFR)</i> |
| $1 < \beta < 2$ | <i>Increase failure rate (IFR), concave</i> |
| $\beta = 2$ | <i>Rayleigh distribution (LFR)</i> |
| $\beta > 2$ | <i>Increase failure rate (IFR), convex</i> |
| $3 \leq \beta \leq 4$ | <i>IFR, Approach normal distribution; symmetrical</i> |

Sementara fungsi laju kerusakan, fungsi keandalan, fungsi distribusi kumulatif dan fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi Weibull dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

Fungsi Laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \quad (2)$$

Fungsi Keandalan

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] \quad (3)$$

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^t \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} dt \right]$$

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (4)$$

Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$F(t) = 1 - e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (5)$$

Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (6)$$

2.4 *Proportional Hazard Model*

Cox (1972), adalah yang pertama kali memperkenalkan *proportional hazard model*. *Proportional hazard model* digunakan untuk mengetahui penjadwalan perawatan dengan memperhatikan selang waktu kerusakan pada masa lampau dan mengetahui adanya efek dari variabel yang dimonitor. Metode ini bisa dilakukan pendekatan dasar dengan mengasumsikan bahwa laju kerusakan dari suatu komponen dipengaruhi oleh dua faktor pengali yaitu laju kerusakan dasar dan fungsi eksponensial dari rumus dasar *proportional hazard model* (termasuk variabel yang dimonitor). Sehingga didapatkan rumus melalui substitusi dan asumsi diatas adalah sebagai berikut:

$$\lambda(t) = h_0(t) = \text{laju kerusakan dasar} \quad (7)$$

Rumus dasar *proportional hazard model*:

$$h(t, X) = h_0(t) \exp(\sum_{i=1}^n \beta_i X_i) \quad (8)$$

$$h(t, z) = h_0(t) \exp(\sum_{i=1}^n z_i \alpha) \quad (9)$$

Menurut Ebeling (1997), bahwa laju kerusakan dasar suatu komponen memiliki keterkaitan dengan fungsi keandalan suatu komponen. Sehingga dapat diketahui bahwa hubungan antara fungsi keandalan dan efek variabel dimonitor. Hubungan tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$R(t, z) = [R_0(t)]^{\exp(\sum_{i=1}^n z_i \alpha)} \quad (10)$$

Sementara nilai α digunakan untuk mendefinisikan pengaruh atau efek variabel dimonitor terhadap kerusakan suatu komponen. Nilai α dapat diestimasi dengan fungsi *partial likelihood*.

2.5 Total Time on Test Plotting

RE Barlow & Campo (1975), memperkenalkan metode *total time on test plotting*. Metode ini dapat digunakan sebagai alat untuk identifikasi model berdasarkan data yang mewakili umur suatu komponen untuk menghasilkan kebijakan penggantian komponen yang optimal. Diasumsikan bahwa $t(1) \leq t(2) \leq t(3) \leq \dots \leq t(n)$ merupakan sampel dari sebuah distribusi $F(t)$ sehingga $S(t)$ dinotasikan sebagai total waktu yang dihasilkan oleh suatu kerusakan pada waktu kurang dari sama dengan t_i . Jadi nilai *total time on test plotting* pada t_i dapat didefinisikan pada persamaan di bawah ini.

$$S(t_i) = n \cdot t_1 + (n-1)(t_2 - t_1) + \dots + (n-i+1)(t_i - t_{i-1}) \quad (11)$$

dimana:

n = banyaknya data kerusakan

t_i = selang waktu kerusakan ke- i

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ periode ke- i

Sedangkan nilai *total time on test plotting* yang diskalakan dapat didefinisikan dengan persamaan di bawah ini.

$$\varphi_i = \frac{S(t_i)}{S(t_n)} \quad (12)$$

2.6 Biaya Perawatan

Biaya perawatan merupakan biaya yang dikeluarkan pada periode perawatan suatu komponen tertentu. Waktu perawatan yang optimal dalam kegiatan penggantian *preventive*, dapat diketahui dengan memilih interval waktu yang memiliki biaya terendah. Apabila interval waktu yang optimal diperoleh, maka biaya perawatan yang paling minimum dapat diketahui. Berikut merupakan rumus dasar mengenai perawatan, dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$C(t_i) = \frac{c_p \times R(t_i) + c_f \times (1-R(t_i))}{t_i \times R(t_i) + M(t_i)} \quad (13)$$

dimana:

$M(t_i)$ = rata-rata kerusakan per selang waktu ke- t_i

$$M(t_i) = \int_0^{t_i} t \cdot f(t) dt \quad (14)$$

$C(t_i)$ = biaya per sekali perawatan pencegahan pada periode ke t_i

c_p = biaya penggantian komponen / biaya *preventive maintenance* (c)

c_f = biaya kerusakan / biaya *corrective maintenance* (a)

t_i = interval waktu kerusakan pada periode ke- i

$R(t_i)$ = Fungsi keandalan pada periode ke t_i

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah pemecahan masalah dalam pengembangan algoritma ini dapat dilihat pada Gambar 1.

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN

4.1 Pengumpulan Data

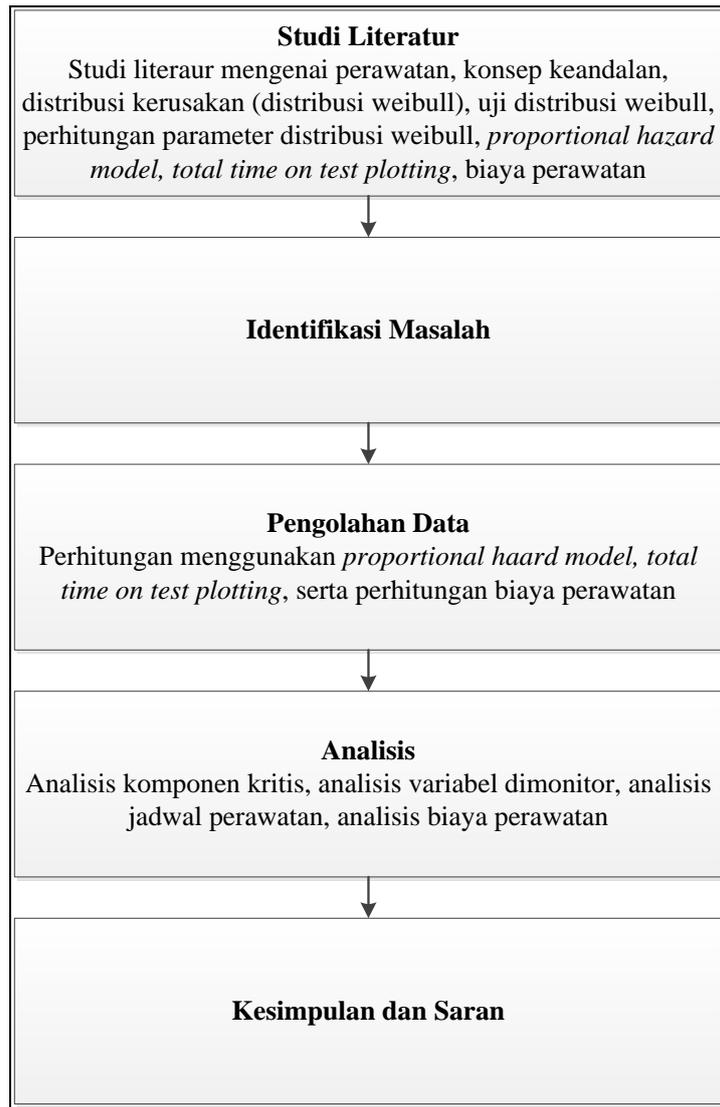
Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data kerusakan mesin *gear hobbing* Y3150E beserta penjelasan *part* yang mengalami kerusakan, serta data ongkos perawatan. Data kerusakan mesin *gear hobbing* Y3150E yang didapatkan dari *record maintenance* CV Cahaya Abadi Teknik selama periode April 2014 sampai Maret 2015 dapat dilihat pada Tabel 2. Data biaya yang dikeluarkan pada saat kegiatan *maintenance* mesin *gear hobbing* Y3150E di CV Cahaya Abadi Teknik, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Tabel Data Kerusakan Gear Hobbing Machine Y3150E

| No | Tanggal | Part yang mengalami kerusakan | Tindakan Yang Dilakukan |
|------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | 4 April 2014 | Modul Gear | Service |
| 2 | 28 April 2014 | Modul Gear | Service |
| 3 | 9 Mei 2014 | Pompa Coolant | Service |
| 4 | 20 Mei 2014 | Modul Gear | Service |
| 5 | 13 Juni 2014 | Modul Gear | Service |
| 6 | 16 Juni 2014 | Pompa Coolant | Service |
| 7 | 30 Juni 2014 | Modul Gear | Service |
| 8 | 11 Juli 2014 | Pompa Coolant | Service |
| 9 | 15 Juli 2014 | Modul Gear | Service |
| 10 | 7 Agustus 2014 | Bearing | Service |
| 11 | 11 Agustus 2014 | Bearing | Replace |
| 12 | 27 Agustus 2014 | Modul Gear | Service |
| 13 | 20 September 2014 | Pompa Coolant | Service |
| 14 | 21 September 2014 | Gearbox | Service |
| 15 | 25 September 2014 | Modul Gear | Service |
| 16 | 15 Oktober 2014 | Modul Gear | Service |
| 17 | 6 November 2014 | Pompa Coolant | Service |
| 18 | 10 November 2014 | Modul Gear | Replace |
| 19 | 3 Desember 2014 | Modul Gear | Service |
| 20 | 17 Desember 2014 | Pompa Coolant | Service |
| 21 | 27 Desember 2014 | Modul Gear | Service |
| 22 | 12 Januari 2015 | Modul Gear | Service |
| 23 | 23 Januari 2015 | Pompa Coolant | Service |
| 24 | 16 Februari 2015 | Contacto | Replace |
| 25 | 23 Februari 2015 | Modul Gear | Service |
| 26 | 2 Maret 2015 | Pompa Coolant | Replace |
| 27 | 18 Maret 2015 | Modul Gear | Service |
| Jumlah Kerusakan | | | 27 |

Tabel 3. Tabel Biaya Perawatan

| No | Alat atau Bahan | Harga | Keterangan |
|----|-----------------------|--------------|----------------|
| 1 | Modul gear | Rp 4.500.000 | per unit |
| 2 | Service modul gear | Rp 500.000 | per 1x service |
| 3 | Coolant (Solar) | Rp 6.900 | per liter |
| 4 | Pompa coolant | Rp 4.000.000 | per unit |
| 5 | Service pompa coolant | Rp 100.000 | per 1x service |
| 6 | Bearing | Rp 2.500.000 | per 1 set |
| 7 | Gearbox | Rp 5.000.000 | per unit |
| 8 | Oli gearbox | Rp 75.000 | per liter |
| 9 | Contacto SK-40 | Rp 500.000 | per unit |
| 10 | Grease / stempet | Rp 28.000 | per kilogram |
| 11 | Operator | Rp 12.500 | per jam |

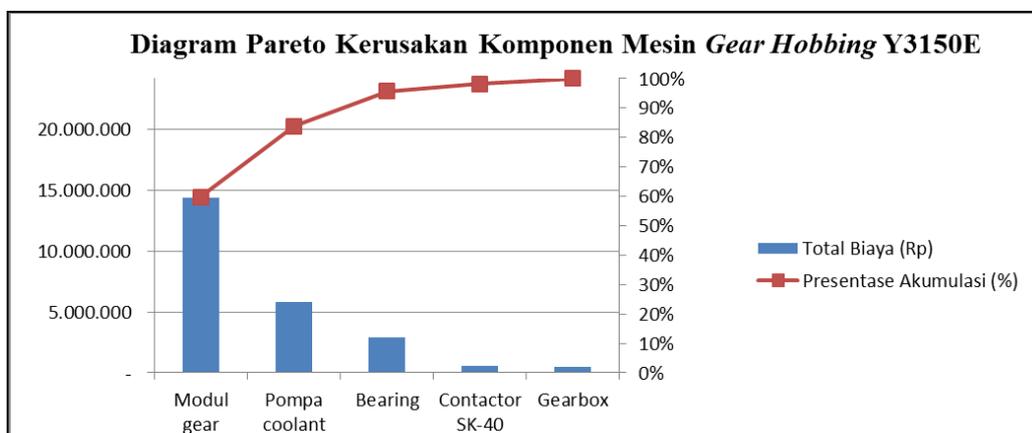


Gambar 1. Langkah-langkah Pemecahan Masalah

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Penentuan Komponen Kritis Mesin Berdasarkan Biaya Perawatan

penentuan komponen kritis dapat dilakukan dengan menggunakan diagram pareto. Diagram pareto untuk penentuan komponen kritis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto Kerusakan Komponen Mesin Gear Hobbing Y3150E

Berdasarkan diagram pareto diatas, dapat diketahui bahwa komponen kritis mesin *gear hobbing* Y3150E yaitu *modul gear* dan pompa *coolant*.

4.2.2 Data Variabel Dimonitor

Data variabel dimonitor merupakan data yang digunakan untuk menentukan nilai z pada perhitungan nilai vektor regresi (α) dengan penggunaan pendekatan *Likelihood*. Data variabel dimonitor diperoleh melalui wawancara dengan pihak perusahaan. Variabel yang dimonitor untuk komponen kritis *modul gear* yaitu banyaknya *volume* benda kerja yang terbuang akibat proses produksi, karena banyaknya pemakanan yang terjadi dapat berpengaruh terhadap umur pakai *modul gear* tersebut. Variabel yang dimonitor untuk komponen kritis pompa *coolant* yaitu jam kerja mesin karena penggunaan mesin *gear hobbing* Y3150E sangat tinggi dan bervariasi. Untuk hari senin selasa rabu dan jumat mesin bekerja selama 15 jam. Sementara untuk hari kamis dan sabtu mesin bekerja selama 9 jam, dan untuk hari minggu mesin bekerja selama 4 jam.

Menurut Kumar & Westberg (1997), efek variabel dimonitor yang digunakan dalam *proportional hazard model* bersifat relatif. Untuk mengetahui nilai z_i diasumsikan dengan membagi total jam kerja dan banyaknya *volume* benda kerja yang terbuang akibat proses produksi menjadi tiga interval. Pembagian menjadi tiga interval bertujuan untuk mewakili nilai negatif (-), nol (0), dan positif (+), sehingga nilai yang digunakan adalah -1, 0, dan +1. Pembagian ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan dengan metode *total time on test plotting*. Pembagian dengan tiga interval ini dianggap dapat mewakili jam kerja secara keseluruhan.

4.2.3 Pengujian Distribusi Kerusakan

Pengujian distribusi kerusakan dilakukan untuk mengetahui apakah data kerusakan yang didapatkan bersidtsibusi Weibull dua parameter atau tidak. Pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan *Mann's Test*. Pengujian ini dilakukan pada komponen kritis yang sudah ditentukan sebelumnya menggunakan diagram pareto, yaitu *modul gear* dan pompa *coolant*.

4.2.4 Perhitungan Parameter Distribusi Kerusakan

Setelah dilakukan uji distribusi kerusakan (distribusi Weibull 2 parameter), maka dapat dilakukan perhitungan parameter distribusi Weibull, yaitu nilai parameter bentuk (β) dan nilai parameter skala (θ). Perhitungan kedua parameter distribusi Weibull ini dilakukan pada kedua komponen kritis yaitu komponen *modul gear* dan komponen pompa *coolant*.

4.2.5 Penjadwalan Perawatan Untuk Komponen *Modul Gear*

Penjadwalan perawatan untuk komponen *modul gear* dilakukan dengan memperhatikan variabel dimonitor dan tanpa memperhatikan variabel dimonitor. Penjadwalan perawatan komponen *modul gear* dilakukan dengan memperhatikan variabel dimonitor karena pemakanan pada benda kerja dianggap sebagai penyebab yang mempengaruhi laju kerusakan, sehingga volume benda kerja yang terbuang dijadikan sebagai variabel yang dimonitor. Penjadwalan dilakukan dengan menggunakan *proportional hazard model* yang sebelumnya dilakukan estimasi nilai α dengan menggunakan fungsi log *partial likelihood* dan dengan menggunakan *total time on test plotting*.

4.2.6 Penjadwalan Perawatan Untuk Komponen Pompa *Coolant*

Penjadwalan perawatan untuk komponen *modul gear* dilakukan dengan memperhatikan variabel dimonitor dan tanpa memperhatikan variabel dimonitor.

Penjadwalan perawatan komponen pompa *coolant* dilakukan dengan memperhatikan

variabel dimonitor karena jam kerja mesin dianggap sebagai penyebab yang mempengaruhi laju kerusakan, sehingga jam kerja dijadikan sebagai variabel yang dimonitor. Penjadwalan dilakukan dengan menggunakan *proportional hazard model* yang sebelumnya dilakukan estimasi nilai α dengan menggunakan fungsi log *partial likelihood* dan dengan menggunakan *total time on test plotting*.

4.2.7 Perhitungan Biaya Perawatan

Perhitungan biaya dilakukan untuk mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan terhadap penjadwalan pencegahan perawatan optimal, baik untuk komponen *modul gear* dengan dan tanpa memperhatikan variabel dimonitor dan komponen pompa *coolant* dengan dan tanpa memperhatikan variabel dimonitor. Dalam perhitungan biaya pencegahan perawatan ini terdapat beberapa kondisi, dimana kondisi 1 yaitu untuk perhitungan dengan menggunakan biaya *preventive maintenance* untuk komponen kritis yang mengalami *service* diluar jam kerja dengan biaya *corrective maintenance* untuk komponen kritis yang mengalami *service* pada saat jam kerja berlangsung. Kondisi 2 yaitu untuk perhitungan dengan menggunakan biaya *preventive maintenance* untuk komponen kritis yang mengalami *replace* diluar jam kerja dengan biaya *corrective maintenance* untuk komponen kritis yang mengalami *replace* pada saat jam kerja berlangsung.

5. ANALISIS

5.1 Analisis Komponen Kritis

Komponen kritis digunakan untuk melakukan penjadwalan perawatan optimal pada mesin *gear hobbing* Y3150 E. Kriteria pemilihan komponen kritis berdasarkan biaya yang dikeluarkan oleh kedua komponen tersebut selama selang waktu April 2014 sampai Maret 2015. Penentuan komponen kritis dilakukan dengan menggunakan diagram pareto, berdasarkan pengolahan data yang dilakukan bahwa komponen kritis yang dipilih adalah komponen *modul gear* dan komponen pompa *coolant*. Pengeluaran biaya untuk kedua komponen ini selama selang waktu April 2014 sampai Maret 2015 hampir mencapai 85% dari total keseluruhan biaya perawatan pada mesin *gear hobbing* Y3150E tersebut.

5.2 Analisis Variabel Dimonitor

Variabel dimonitor merupakan variabel yang mempengaruhi laju kerusakan komponen yang terukur dan dapat dihitung. Pada umumnya, contoh variabel dimonitor dapat berupa jarak, suhu, massa benda, viskositas, jam kerja mesin. Penjadwalan perawatan pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan *proportional hazard model* dan *total time on test plotting*. Metode ini bisa dilakukan pendekatan dasar dengan mengasumsikan bahwa laju kerusakan dari suatu komponen dipengaruhi oleh dua faktor pengali yaitu laju kerusakan dasar dan fungsi eksponensial yang menunjukkan nilai dari efek variabel yang dimonitor.

Variabel yang dimonitor untuk komponen kritis *modul gear* yaitu banyaknya *volume* benda kerja yang terbuang akibat proses produksi, karena banyaknya pemakanan yang terjadi dapat berpengaruh terhadap umur pakai *modul gear* tersebut. Variabel yang dimonitor untuk komponen kritis pompa *coolant* yaitu jam kerja mesin karena penggunaan mesin *gear hobbing* Y3150E sangat tinggi dan bervariasi. Untuk hari senin selasa rabu dan jumat mesin bekerja selama 15 jam. Sementara untuk hari kamis dan sabtu mesin bekerja selama 9 jam, dan untuk hari minggu mesin bekerja selama 4 jam. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan komponen mesin *gear hobbing* Y3150E secara langsung.

5.3 Analisis Jadwal Perawatan

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan, selang waktu perawatan komponen

modul gear menurut grafik *total time on test plotting* baik untuk kondisi *service* maupun *replace* adalah jadwal perawatan tanpa memperhatikan variabel dimonitor. Sementara selang waktu perawatan pencegahan yang didapatkan adalah 20 hari dengan biaya Rp. 23.863,246 untuk kondisi *service* dan Rp. 192.782,165 / 1 kali *replace* dalam 200 sampai 300 hari untuk kondisi *replace*, dengan asumsi bahwa komponen *modul gear* akan mengalami penggantian atau *replace* setelah mengalami 10 sampai 15 kali *service*. Sehingga perusahaan dapat melakukan perawatan pada komponen *modul gear* setiap 20 hari.

Untuk selang waktu perawatan komponen pompa *coolant* yang memberikan biaya perawatan paling rendah menurut grafik *total time on test plotting* baik untuk kondisi *service* maupun *replace* adalah jadwal perawatan tanpa memperhatikan variabel dimonitor. Sementara selang waktu perawatan pencegahan yang didapatkan adalah 37 hari dengan biaya Rp. 4.110,648 / 37 hari untuk kondisi *service* dan Rp. 93.970,329 / 1 kali *replace* dalam 1 sampai 2 tahun untuk kondisi *replace*, dengan asumsi bahwa komponen pompa *coolant* akan mengalami penggantian atau *replace* dengan periode 1 tahun sampai 2 tahun sekali. Sehingga kebijakan perusahaan yang harus dilakukan yaitu melakukan perawatan pada komponen pompa *coolant* setiap 37 hari.

5.4 Analisis Biaya Perawatan

Pada komponen *modul gear* yang menghasilkan biaya perawatan pencegahan paling minimum terdapat pada jadwal perawatam dengan memperhatikan variabel dimonitor ($z = 1$), biaya perawatan pencegahan paling minimum terdapat pada selang waktu 27 hari, dengan biaya perawatan pencegahan untuk kondisi *service* yaitu Rp. 17.297,515 dan untuk kondisi *replace* terdapat pada selang waktu 270 hari sampai 405 hari, dengan asumsi bahwa komponen *modul gear* akan mengalami penggantian atau *replace* setelah mengalami 10 sampai 15 kali *service* dengan biaya perawatan pencegahan sebesar Rp. 128.480,321.

Untuk komponen pompa *coolant*, yang menghasilkan biaya perawatan pencegahan paling minimum terdapat pada jadwal perawatan dengan memperhatikan variabel dimonitor ($z = 0$) dan tanpa memperhatikan variabel dimonitor. Selang waktu perawatan pencegahan pada 39 hari, dengan biaya perawatan sebesar Rp. 4.087,713 untuk kondisi *service* dan selang waktu perawatan pencegahan 1 sampai 2 tahun setelah penggantian *part* pompa *coolant* dengan asumsi bahwa pompa *coolant* akan mengalami penggantian atau *replace* sebanyak 1 kali dalam interval 1 sampai 2 tahun, dengan biaya perawatn sebesar Rp. 83.055,298.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Komponen kritis pada mesin *gear hobbing* Y3150E berdasarkan biaya perawatan tertinggi yaitu komponen *modul gear* dan komponen pompa *coolant*.
2. Selang waktu perawatan pencegahan optimal menurut grafik *total time on test plotting* untuk kondisi *service* pada komponen *modul gear* adalah 20 hari dan pada komponen pompa *coolant* adalah 37 hari.
3. Selang waktu perawatan pencegahan optimal menurut grafik *total time on test plotting* untuk kondisi *replace* pada komponen *modul gear* adalah 200 sampai 300 hari, dengan asumsi bahwa komponen *modul gear* akan mengalami penggantian atau *replace* setelah mengalami 10 sampai 15 kali *service*. Sementara untuk komponen pompa *coolant* yaitu dalam 1 sampai 2 tahun untuk kondisi *replace*, dengan asumsi bahwa komponen pompa *coolant* akan mengalami penggantian atau *replace* dengan periode 1 tahun sampai 2 tahun sekali.

4. Selang waktu perawatan pencegahan optimal jika pihak perusahaan mempertimbangkan faktor minimasi biaya, untuk kondisi *service* pada komponen *modul gear* adalah 27 hari dengan memperhatikan variabel dimonitor ($z = 1$) dan pada komponen pompa *coolant* adalah 39 hari dengan memperhatikan variabel dimonitor ($z = 0$).
5. Selang waktu perawatan pencegahan optimal jika pihak perusahaan mempertimbangkan faktor minimasi biaya, untuk kondisi *replace* pada komponen *modul gear* adalah 270 sampai 405 hari dengan memperhatikan variabel dimonitor ($z = 1$), dengan asumsi bahwa komponen *modul gear* akan mengalami penggantian atau *replace* setelah mengalami 10 sampai 15 kali *service*. Sementara untuk komponen pompa *coolant* yaitu dalam 1 sampai 2 tahun untuk kondisi *replace*, dengan asumsi bahwa komponen pompa *coolant* akan mengalami penggantian atau *replace* dengan periode 1 tahun sampai 2 tahun sekali dengan memperhatikan variabel dimonitor ($z = 0$).
6. Biaya perawatan pencegahan yang dihasilkan dengan metode *proportional hazard model* dan *total time on test plotting* lebih tinggi namun tidak terlampau jauh dengan biaya perawatan yang dihasilkan dengan penggunaan rumus *total cost*, namun dengan metode ini dapat lebih menunjukkan pengaruh dari variabel dimonitor terhadap laju kerusakan komponen, serta interval penggantian yang lebih cepat dapat lebih meningkatkan fungsi keandalan suatu komponen sehingga waktu perawatan pencegahan yang digunakan berdasarkan penggunaan metode *proportional hazard model* dan *total time on test plotting*.

6.2 Saran

Saran untuk perusahaan berdasarkan penelitian ini adalah:

1. Perusahaan dapat mempertimbangkan untuk menerapkan penjadwalan perawatan optimal dengan *proportional hazard model* dan *total time on test plotting* karena dengan metode ini lebih dapat menjelaskan efek dari suatu variabel dimonitor dalam laju kerusakan komponen mesin.
2. Perusahaan sebaiknya melakukan kegiatan perawatan secara berkala guna mengurangi kerugian selama proses produksi berlangsung.
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan memperhatikan lebih dari satu variabel dimonitor pada satu komponen kritis.

REFERENSI

- Barlow, Richard. E. & Campo, R. 1975. "Total Time on Test Process and Applications To Failure Data Analysis". *Reliability and Fault Tree Analysis*. PA. 451-481
- Barlow, Richard. E. 1998. *Engineering Reliability*. Philadelphia : University of California.
- Corder, Antony. 1988, *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Terjemahan. Khusnul Hadi, Jakarta, Erlangga.
- Cox, David. R. 1972. "Regression Models and Life Tables". *Journal of The Royal Statistical Society*. B34. 187-220.
- Ebeling, Charles. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Singapore, McGraw-Hill Companies. Inc.