

JADWAL PERAWATAN *OVERHEAD CRANE* DENGAN MENGGUNAKAN *PROPORTIONAL HAZARDS MODEL* DAN *TOTAL TIME ON TEST PLOTTING* DI PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA*

Nadia Fatima Assarini, R. Hari Adianto, Fifi Herni M.

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: here.assarini@yahoo.com

ABSTRAK

Perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjamin ketersediaan mesin selama proses produksi dengan meminimalkan jumlah kerusakan. *Overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB) merupakan salah satu *lifting equipment* yang digunakan pada unit bisnis *Passenger Boarding Bridge* PT. Bukaka dan memiliki frekuensi kerusakan yang cukup tinggi. Kerusakan ini mengakibatkan proses produksi terhambat sehingga penting dilakukan penjadwalan perawatan dengan tepat. Penelitian ini akan melakukan penjadwalan dengan *proportional hazards model* dan *total time on test plotting* untuk mendapatkan jadwal perawatan dengan memperhatikan variabel dimonitor. Hasil dari penelitian ini yaitu selang waktu perawatan untuk *roll current* adalah 39 hari, untuk *remote* adalah 42 hari, dan perawatan gabungan adalah 42 hari.

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

ABSTRACT

Maintenance is an activity to ensure the availability of the machine during the production process with minimizing failure times. Overhead crane 10 Ton (005/OHC/BRB) is one of the lifting equipment that used at Passenger Boarding Bridge business unit of PT. Bukaka and has a fairly high frequency of failure. This failure resulted in the obstruction of production process so it is important to do a maintenance scheduling. This study will perform scheduling with proportional hazards models and the total time on test plotting for getting maintenance schedule with paying attention to the monitored variables. The results of this study is the maintenance interval for roll current which is 39 days, remote which is 42 days, and combined maintenance which is 42 days.

Keywords: *maintenance, proportional hazards 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

Penggunaan mesin pada industri manufaktur berkaitan erat dengan produktivitas serta biaya produksi. Kerusakan pada mesin akan berakibat pada menurunnya produktivitas dan meningkatnya biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan.

PT. Bukaka Teknik Utama merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi dan manufaktur. *Passenger Boarding Bridge* adalah salah satu unit bisnis PT. Bukaka yang memproduksi *boarding bridge*. Dalam proses produksi, digunakan alat bantu yaitu *lifting equipment*. Salah satu *lifting equipment* yang digunakan adalah *overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB).

1.2 Rumusan Masalah

Overhead crane 10 Ton (005/OHC/BRB) memiliki frekuensi kerusakan yang paling tinggi. Kerusakan pada *overhead crane* mengakibatkan material tidak dapat dipindahkan ke stasiun kerja selanjutnya sehingga proses produksi akan terhambat. Oleh karena itu, penting dilakukan penjadwalan perawatan untuk *overhead crane*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan jadwal perawatan yang optimal dengan *proportional hazards model* dan *total time on test plotting*. Penjadwalan perawatan ini selain memperhatikan selang waktu kerusakan di masa lalu juga melihat kondisi awal dari kerusakan dengan melakukan pengukuran kondisi mesin menggunakan alat pemantau atau variabel yang dimonitor.

1.3 Pembatasan Masalah

Hal-hal yang menjadi batasan pada penelitian ini yaitu penelitian akan dilakukan pada *overhead crane* 10 ton (005/OHC/BRB), mesin dipilih berdasarkan frekuensi kerusakan dan tingginya kepentingan mesin tersebut dalam proses produksi serta data penelitian menggunakan data kerusakan *over head crane* 10 ton (005/OHC/BRB) periode Juli 2012 - Juni 2013.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Perawatan

Perawatan atau *maintenance* menurut Ebeling (1997) adalah aktivitas agar suatu komponen atau sistem yang rusak akan dikembalikan atau diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu. Komponen atau sistem dapat dikatakan rusak apabila tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, adanya perawatan sangat penting untuk menjaga agar komponen atau sistem yang digunakan dapat selalu berada dalam kondisi yang diharapkan oleh pengguna.

2.2 Daftar Notasi

Dalam penjadwalan perawatan, digunakan beberapa notasi dalam proses perhitungan. Notasi-notasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Notasi

Notasi	Arti
i	Pengamatan ke- i
t_j	Waktu terjadinya kerusakan
c	Biaya <i>preventive maintenance</i>
a	Biaya <i>corrective maintenance</i>
C	Biaya perawatan

Tabel 1. Daftar Notasi (lanjutan)

Notasi	Arti
z	Vektor baris yang terdiri dari kovariat, variabel keterangan, variabel yang dimonitor atau variabel yang menunjukkan keadaan
n	Jumlah data pengamatan
θ	Parameter skala distribusi Weibull
β	Parameter bentuk distribusi Weibull
a	Parameter regresi
$U(a)$	Turunan dari fungsi log <i>partial likelihood</i>
$I(a)$	Turunan kedua dari fungsi log <i>partial likelihood</i>
$LL(a)$	Fungsi log <i>partial likelihood</i>
$h_0(t)$	Laju kerusakan dasar
$h(t)$	Laju kerusakan
$R_0(t)$	Fungsi keandalan dasar
$R(t)$	Fungsi keandalan
$F(t)$	Fungsi distribusi kumulatif
$S(t)$	Nilai TTT
φ	Nilai TTT yang diskalakan
ε_r	Nilai eror pada metode Newton Raphson

2.3 Konsep Keandalan

Keandalan atau *reliability* menurut Ebeling (1997) adalah peluang suatu komponen atau sistem akan bekerja sesuai fungsinya selama periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi yang telah ditentukan. Ebeling (1997) mengemukakan empat fungsi yang dapat menggambarkan keandalan suatu komponen atau sistem yaitu fungsi keandalan, fungsi distribusi kumulatif, fungsi kepadatan probabilitas, dan fungsi laju kerusakan.

Fungsi keandalan merupakan probabilitas suatu komponen atau sistem tidak mengalami kerusakan selama selang waktu t . Sedangkan fungsi distribusi kumulatif merupakan probabilitas suatu kerusakan akan terjadi sebelum waktu t . Fungsi kepadatan probabilitas menunjukan bentuk dari distribusi kerusakan komponen. Fungsi yang terakhir adalah fungsi laju kerusakan yang menunjukan probabilitas suatu komponen atau sistem akan mengalami kerusakan pada selang waktu tertentu.

2.4 Distribusi Kerusakan

Menurut Jardine (1973), karakteristik kerusakan untuk setiap alat berbeda-beda. Terdapat beberapa distribusi yang dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik kerusakan suatu komponen atau sistem. Distribusi Eksponensial digunakan untuk komponen atau sistem yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi lain yang dapat digunakan diantaranya adalah distribusi Normal, distribusi Lognormal, dan distribusi Weibull. Ketiga distribusi ini digunakan untuk komponen atau sistem yang laju kerusakannya tidak konstan.

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang paling sering digunakan karena dapat menggambarkan laju kerusakan yang meningkat maupun menurun. Pengujian distribusi Weibull dapat dilakukan dengan Mann's Test sehingga dapat diketahui apakah data berdistribusi Weibull atau tidak. Apabila data berdistribusi Weibull, maka dapat dihitung nilai dari parameter β dan θ dengan persamaan:

$$\theta = e^a \tag{1}$$

$$\beta = 1/b \tag{2}$$

Dengan parameter tersebut dapat diketahui fungsi keandalan, fungsi distribusi kumulatif, fungsi kepadatan probabilitas, dan fungsi laju kerusakan dengan persamaan:

Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (3)$$

Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (4)$$

Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-(t/\theta)^\beta} \quad (5)$$

Laju kerusakan

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

2.5 Proportional Hazards Model

Proportional hazards model (PHM) pertama kali diperkenalkan oleh Cox (1972). Pendekatan dasar dari PHM adalah mengasumsikan bahwa laju kerusakan dari suatu komponen atau sistem terdiri dari dua faktor pengali yaitu laju kerusakan dasar dan fungsi eksponensial termasuk efek dari variabel yang dimonitor. Sehingga laju kerusakan dan fungsi keandalan dapat didefinisikan dengan persamaan di bawah ini.

$$h(t; z) = h_0(t) \exp(z\alpha) \quad (7)$$

$$R(t; z) = [R_0(t)]^{\exp(z\alpha)} \quad (8)$$

Nilai α dapat diestimasi dengan menggunakan fungsi *partial likelihood*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai parameter *partial likelihood* adalah metode Newton-Raphson.

2.6 Biaya Perawatan

Biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan perawatan pada selang waktu tertentu dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$C(t; z) = \frac{c + a F(t; z)}{\int_0^t R(t; z) dt} \quad (9)$$

Nilai c menunjukkan biaya perawatan pencegahan (*preventive maintenance cost*). Sedangkan nilai a menunjukkan biaya perawatan perbaikan (*corrective maintenance cost*).

2.7 Total Time On Test Plotting

Total Time on Test Plotting (TTT-Plotting) diperkenalkan oleh Barlow dan Campo (1975). Misal $0 = t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n$ menunjukkan sampel lengkap dan berurut dari fungsi distribusi $F(t; z)$. Anggap $S(t; z)$ sebagai total waktu yang dihasilkan oleh satu kerusakan pada waktu kurang dari atau sama dengan t_i . Sehingga nilai TTT pada t_i dapat didefinisikan dengan persamaan di bawah ini.

$$S(t; z) = n \int_0^t R(t; z) dt \quad (10)$$

Sedangkan nilai TTT yang diskalakan dapat didefinisikan dengan persamaan di bawah ini.

$$\varphi(u) = \frac{S(t_i; z_i)}{S(t_n; z_n)} \quad (11)$$

dimana $u = F(t; z)$

TTT-plot diperoleh dengan mengplot nilai $(u, \varphi(u))$ ke dalam grafik dan menghubungkan setiap titik dengan garis. Penentuan selang waktu yang optimal dapat dilakukan dengan

menarik garis dari titik $(-c/a, 0)$ ke salah titik pada grafik TTT-plotting. Garis dengan kemiringan terbesar akan menghasilkan biaya perawatan yang paling minimal.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dari penelitian ini beserta penjelasannya adalah sebagai berikut.

a. Identifikasi Masalah

Identifikasi dilakukan dengan melakukan pengamatan dan wawancara dengan pihak perusahaan. Setelah melakukan identifikasi diketahui bahwa mesin *overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB) memiliki frekuensi kerusakan yang paling tinggi. Kerusakan pada *overhead crane* mengakibatkan komponen tidak dapat dipindahkan ke stasiun kerja selanjutnya sehingga proses produksi pun akan terhambat dan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan menjadi lebih besar. Berdasarkan masalah tersebut, penting dilakukan penjadwalan perawatan untuk menghindari kerusakan *overhead crane* di tengah proses produksi.

b. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memahami teori-teori yang berhubungan dengan materi tugas akhir ini. Teori-teori tersebut meliputi teori dasar perawatan, laju kerusakan, *proportional hazards model*, Metode Newton-Raphson, *Total Time on Test Plotting* (TTT-Plotting), dan biaya perawatan. Penelitian mengenai penjadwalan perawatan dengan *proportional hazards model* dan *Total Time on Test Plotting* pernah dilakukan oleh Kumar dan Westberg (1997).

c. Pemilihan Metode Penyelesaian Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, dibutuhkan suatu penjadwalan perawatan untuk menghindari kerusakan *overhead crane* di tengah proses produksi. Pada penelitian ini penjadwalan perawatan akan dilakukan dengan menggunakan metode *proportional hazard model* dan *total time on test plotting* (TTT-Plotting). Penjadwalan perawatan ini selain memperhatikan selang waktu kerusakan di masa lalu juga melihat kondisi awal dari kerusakan dengan melakukan pengukuran kondisi mesin menggunakan alat pemantau atau variabel yang dimonitor.

d. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam tugas akhir ini. Data-data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah data kerusakan *overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB), data biaya perawatan, dan data variabel yang dimonitor.

e. Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi penentuan komponen kritis, pengujian distribusi Weibull, perhitungan parameter distribusi Weibull, penjadwalan perawatan baik dengan memperhatikan variabel dimonitor maupun tanpa memperhatikan variabel dimonitor, dan perhitungan biaya perawatan.

f. Analisis

Analisis dilakukan terhadap hasil jadwal perawatan yang didapatkan setelah melakukan pengolahan data. Analisis yang dilakukan meliputi analisis komponen kritis, analisis variabel dimonitor, dan analisis jadwal perawatan.

g. Kesimpulan dan Saran

Langkah ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis. Selain itu, terdapat saran yang ditujukan baik untuk perusahaan maupun untuk penelitian di masa yang akan datang.

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah data kerusakan *overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB) yang meliputi waktu terjadinya kerusakan (t_i), komponen yang mengalami kerusakan, tindakan perbaikan yang dilakukan, dan lamanya waktu perbaikan.

Kemudian data biaya perawatan yaitu biaya-biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan perawatan, perbaikan maupun penggantian komponen. Data ini meliputi harga komponen, biaya pekerja, biaya *preventive maintenance* (c) dan biaya *corrective maintenance* (a).

Data yang terakhir adalah data variabel yang dimonitor. Komponen yang memiliki variabel yang dimonitor pada tugas akhir ini adalah komponen *roll current*. Variabel yang dimonitor pada komponen ini adalah jarak yang telah ditempuh *overhead crane* selama selang waktu kerusakan. Variabel dimonitor akan dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu jarak tempuh < 16.001 m, jarak tempuh ≥ 16.001 m dan < 30.861 m, dan jarak tempuh ≥ 30.861 m dan ≤ 45.720 m. Pembagian ini dilakukan dengan membagi selang antara jarak terbesar dan jarak terkecil menjadi tiga bagian yang sama. Setiap bagian diberi kode yaitu -1, 0, dan 1.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dilakukan berdasarkan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perbaikan maupun penggantian pada komponen yang mengalami kerusakan. Penentuan komponen kritis ini akan dilakukan dengan menggunakan diagram pareto. Berdasarkan diagram pareto, diketahui bahwa komponen kritis pada *overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB) adalah *roll current* dan *remote*.

4.2.2 Pengujian Distribusi Kerusakan

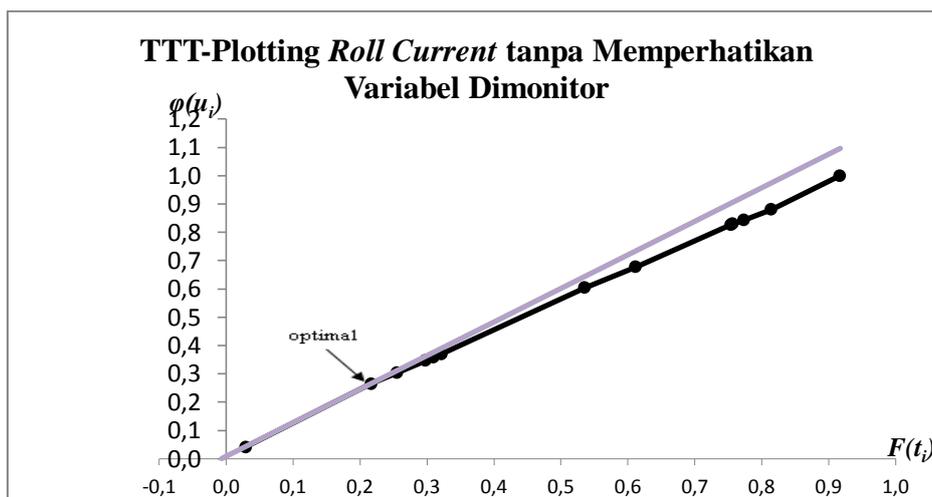
Pengujian distribusi kerusakan dilakukan terhadap komponen kritis. Uji yang dilakukan adalah *Mann's Test* yang mengacu pada Ebeling (1997). Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi Weibull dua parameter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%.

4.2.3 Perhitungan Parameter Distribusi Weibull

Apabila data berdistribusi Weibull, maka parameter distribusi Weibull dapat dihitung. Parameter distribusi Weibull adalah θ dan β . Perhitungan nilai parameter tersebut menggunakan metode *linear regression* dan mengacu pada tugas akhir Alce (2012).

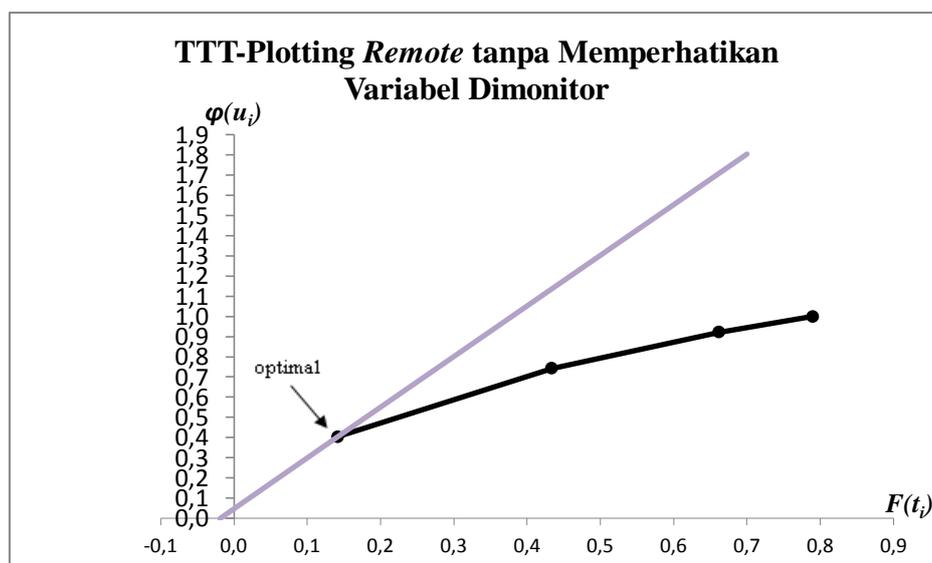
4.2.4 Penjadwalan Perawatan Tanpa Memperhatikan Variabel Dimonitor

Penjadwalan perawatan ini dilakukan terhadap kedua komponen kritis yaitu *roll current* dan *remote*. Langkah awal yang dilakukan adalah menghitung nilai $F(t_i)$ dan $\varphi(u_i)$ untuk masing-masing komponen. Nilai $F(t_i)$ dan $\varphi(u_i)$ yang telah diperoleh diplot kedalam grafik ($F(t_i)$, $\varphi(u_i)$). Kemudian ditarik garis dari titik $(-c/a, 0)$ dengan kemiringan terbesar yang bersinggungan dengan salah satu titik TTT-plot. Grafik TTT-Plotting untuk komponen *roll current* dan *remote* dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik TTT-Plotting Roll Current tanpa Memperhatikan Variabel Dimonitor

Berdasarkan Gambar 1, titik yang bersinggungan dengan garis $(-c/a, 0)$ ada pada $i = 2$. Hal ini menunjukkan selang waktu perawatan yang optimal ada pada t_2 yaitu 33 hari.



Gambar 2. Grafik TTT-Plotting Remote tanpa Memperhatikan Variabel Dimonitor

Berdasarkan Gambar 2, titik yang bersinggungan dengan garis $(-c/a, 0)$ ada pada $i = 1$. Hal ini menunjukkan selang waktu perawatan yang optimal ada pada t_1 yaitu 42 hari.

4.2.5 Penjadwalan Perawatan dengan Memperhatikan Variabel Dimonitor

Penjadwalan perawatan dengan memperhatikan variabel dimonitor dilakukan hanya untuk komponen *roll current* karena pada komponen *remote* tidak terdapat variabel yang dimonitor. Untuk mengetahui pengaruh variabel dimonitor terhadap kerusakan *roll current*, perlu dilakukan estimasi nilai α . Nilai α dapat dihitung dengan fungsi *partial likelihood* menggunakan metode Newton Raphson. Rekapitulasi perhitungan nilai α dengan metode Newton-Raphson dapat dilihat pada Tabel 2.

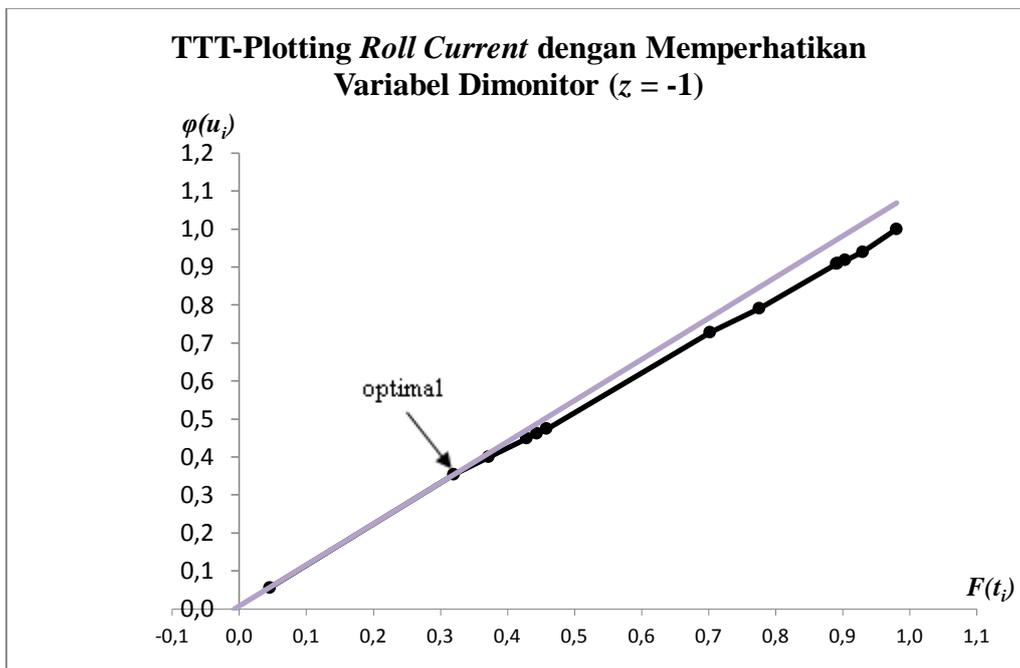
Tabel 2. Rekapitulasi Estimasi α

m	α_m	$U(\alpha)$	$I(\alpha)$	$LL(\alpha)$	ϵ_r
1	0	-3,444	-9,090	-9,794	-
2	-0,379	-0,486	-6,448	-7,984	0,185

Tabel 2. Rekapitulasi Estimasi α (lanjutan)

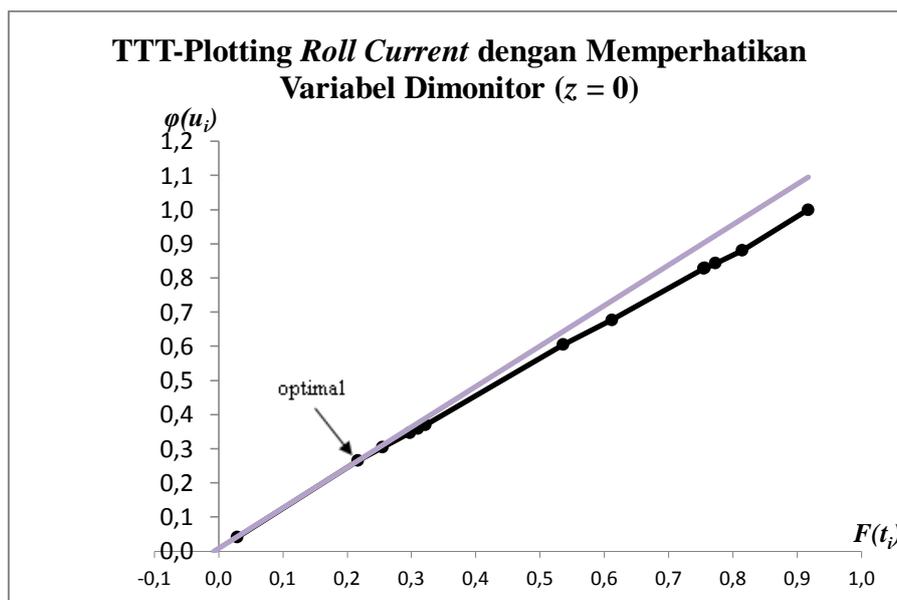
m	α_m	$U(\alpha)$	$I(\alpha)$	$LL(\alpha)$	ϵ_r
3	-0,454	-0,021	-5,906	-7,678	0,038
4	-0,458	0,000	-5,881	-7,664	0,002
5	-0,458	0,000	5,881	-7,664	0,000

Berdasarkan perhitungan Newton-Raphson, didapatkan nilai α sebesar -0,458. Setelah nilai parameter α diketahui, maka dapat dilakukan perhitungan selang waktu perawatan dengan memperhatikan variabel dimonitor menggunakan metode TTT-plotting. Perhitungan selang waktu perawatan optimal dilakukan untuk masing-masing nilai z . Grafik TTT-Plotting komponen *roll current* untuk masing-masing nilai z dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



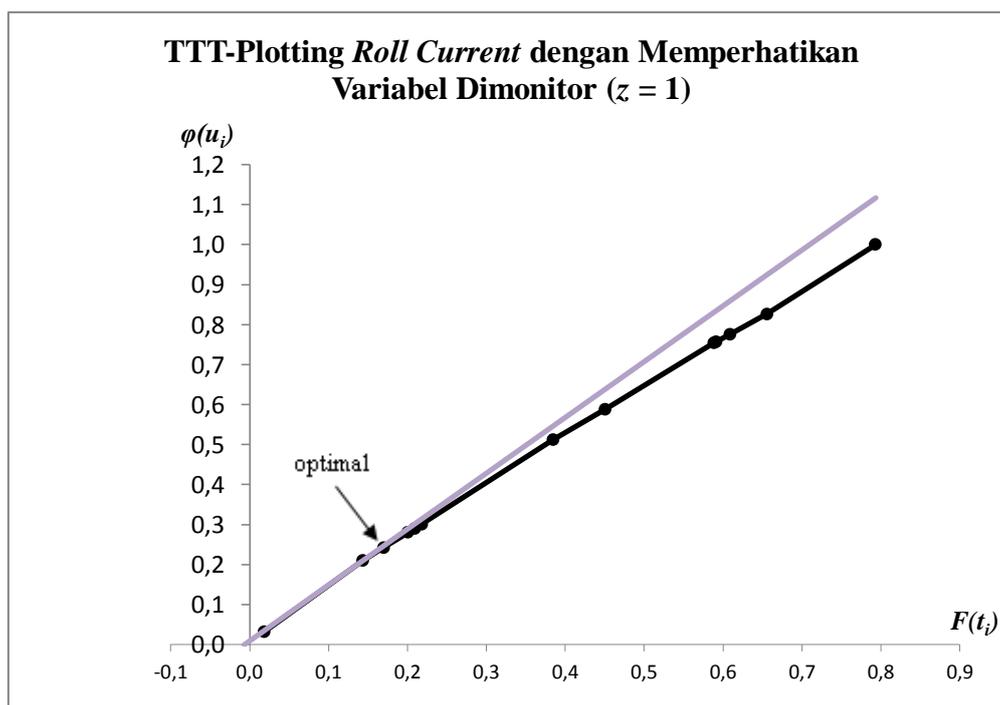
Gambar 3. Grafik TTT-Plotting Roll Current dengan Memperhatikan Variabel Dimonitor ($z = -1$)

Berdasarkan Gambar 3, titik yang bersinggungan dengan garis $(-c/a, 0)$ ada pada $i = 2$. Hal ini menunjukkan selang waktu perawatan yang optimal ada pada t_2 yaitu 33 hari.



Gambar 4. Grafik TTT-Plotting Roll Current dengan Memperhatikan Variabel Dimonitor ($z = 0$)

Berdasarkan Gambar 4, titik yang bersinggungan dengan garis $(-c/a, 0)$ ada pada $i = 2$. Hal ini menunjukkan selang waktu perawatan yang optimal ada pada t_2 yaitu 33 hari.



Gambar 5. Grafik TTT-Plotting Roll Current dengan Memperhatikan Variabel Dimonitor ($z = 1$)

Berdasarkan Gambar 5, titik yang bersinggungan dengan garis $(-c/a, 0)$ ada pada $i = 3$. Hal ini menunjukkan selang waktu perawatan yang optimal ada pada t_3 yaitu 39 hari.

4.2.6 Perhitungan Biaya Perawatan

Perhitungan biaya perawatan dilakukan baik untuk jadwal perawatan tanpa memperhatikan variabel dimonitor maupun dengan memperhatikan variabel dimonitor. Rekapitulasi biaya perawatan untuk setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Biaya Perawatan

Komponen	Tanpa Variabel Dimonitor		Dengan Variabel Dimonitor		
	Selang Waktu (hari)	Biaya Perawatan (Rp/tahun)	Variabel Dimonitor (z)	Selang Waktu (hari)	Biaya Perawatan (Rp/tahun)
<i>Roll Current</i>	33	153.728,73	-1	33	227.745,60
			0	33	153.728,73
			1	39	87.953,19
<i>Remote</i>	42	15.345,03	-	-	-

5. ANALISIS

5.1 Analisis Komponen Kritis

Penjadwalan perawatan pada *overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB) hanya dilakukan pada komponen kritis. Penentuan komponen kritis dilakukan dengan menggunakan diagram Pareto. Berdasarkan hasil pengolahan data, komponen yang dipilih adalah *roll current* dan *remote*. Pemilihan kedua komponen ini sebagai komponen kritis didasarkan pada biaya perawatan yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi. Biaya perbaikan untuk *roll current* dan *remote* sudah mencapai 80% dari biaya perawatan keseluruhan untuk semua komponen sehingga kedua komponen ini terpilih sebagai komponen kritis. Selain itu kedua komponen ini memiliki fungsi yang sangat penting pada *overhead crane*.

Roll current merupakan komponen *overhead crane* yang berfungsi menghantarkan arus listrik karena berhubungan langsung dengan kabel BC. Selama bergerak, *roll current* dapat bergeser dari bahkan keluar dari jalur kabel BC sehingga arus listrik tidak dapat dihantarkan. Apabila hal ini terjadi maka *overhead crane* tidak dapat beroperasi.

Remote merupakan alat untuk mengendalikan *overhead crane*. *Remote* terhubung dengan *control panel* untuk menyampaikan sinyal berdasarkan perintah yang dipilih oleh operator. Selama digunakan, part-part di dalam *remote* dapat bergeser atau mengalami keausan sehingga *remote* tidak dapat berfungsi.

5.2 Analisis Variabel Dimonitor

Penjadwalan perawatan pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan *proportional hazards model*. Pendekatan dasar dari *proportional hazards model* adalah mengasumsikan bahwa laju kerusakan dari suatu komponen atau sistem terdiri dari dua faktor pengali yaitu laju kerusakan dasar dan fungsi eksponensial yang memuat nilai yang menunjukkan efek dari variabel dimonitor.

Komponen *remote* tidak memiliki variabel yang dimonitor. Sedangkan variabel dimonitor untuk komponen *roll current* adalah jarak yang sudah ditempuh *overhead crane* sampai terjadi kerusakan. Jarak tempuh berpengaruh pada kerusakan *roll current* karena semakin panjang jarak yang ditempuh, maka *roll current* dapat bergeser semakin jauh dan dapat mengakibatkan *roll current* keluar dari jalur kabel BC.

Variabel dimonitor akan dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu jarak tempuh < 16.001 m, jarak tempuh ≥ 16.001 m dan < 30.861 m, dan jarak tempuh ≥ 30.861 m dan ≤ 45.720 m. Pembagian ini dilakukan dengan membagi selang antara jarak terbesar dan jarak terkecil menjadi tiga bagian yang sama. Setiap bagian diberi kode yaitu -1, 0, dan 1. Menurut Kumar dan Westberg (1997), efek dari variabel yang digunakan dalam *proportional hazards model* bersifat relatif. Oleh karena itu, pengkodean variabel lebih baik ikut mencantumkan nilai 0.

5.3 Analisis Jadwal Perawatan

Komponen *roll current* memiliki variabel dimonitor sehingga terdapat dua jenis penjadwalan. Pada penjadwalan dengan memperhatikan variabel dimonitor, selang waktu perawatan dihitung untuk masing-masing nilai z . Berdasarkan hasil perhitungan, selang waktu perawatan yang memberikan biaya perawatan paling rendah adalah selang waktu dengan memperhatikan variabel dimonitor pada $z=1$ atau jarak tempuh ≥ 30.861 m dan ≤ 45.720 m. Selang waktu perawatan adalah 39 hari dengan biaya Rp 87.953,19/tahun. Artinya perusahaan dapat melakukan perawatan setiap 39 hari dengan mengontrol agar jarak yang sudah ditempuh oleh *overhead crane* selama selang waktu perawatan adalah sebesar 30.861 m - 45.720 m.

Perawatan yang dapat dilakukan untuk komponen *roll current* pada selang waktu tersebut adalah pemeriksaan. Pemeriksaan yang dilakukan adalah memastikan *roll current* masih tepat berada pada jalur kabel BC. Apabila terjadi pergeseran, maka posisi *roll current* harus segera diperbaiki sebelum benar-benar keluar dari jalur kabel BC. Selain itu pemeriksaan juga perlu dilakukan pada kondisi fisik *roll current*. Apabila *roll current* sudah aus, maka harus diganti dengan yang baru karena *roll current* yang aus tidak dapat menghantarkan arus listrik.

Komponen *remote* tidak memiliki variabel dimonitor sehingga penjadwalan hanya dilakukan tanpa memperhatikan variabel dimonitor. Selang waktu perawatan yang diperoleh adalah 42 hari dengan biaya sebesar Rp 15.345,03/ tahun. Perawatan yang dapat dilakukan untuk komponen *remote* pada selang waktu tersebut adalah pemeriksaan. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan mengoperasikan *overhead crane* menggunakan *remote*. Apabila terdapat tombol yang tidak dapat menghantarkan sinyal dengan baik atau bahkan tidak berfungsi sama sekali, maka harus dilakukan perbaikan terhadap bagian yang mengalami kerusakan. Apabila kerusakan disebabkan oleh keausan, maka *remote* harus diganti dengan yang baru.

Perusahaan dapat melakukan perawatan *roll current* dan *remote* pada saat yang bersamaan untuk mempermudah pelaksanaan kegiatan perawatan. Pemilihan selang waktu perawatan dilakukan berdasarkan biaya perawatan total terkecil. Berdasarkan perhitungan didapatkan selang waktu perawatan gabungan untuk kedua komponen yaitu 42 hari.

6. SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Penjadwalan perawatan dilakukan terhadap komponen kritis *overhead crane* 10 Ton (005/OHC/BRB) yaitu *roll current* dan *remote*. Kerusakan *roll current* terjadi saat *roll current* keluar dari jalur kabel BC. Hal ini dipengaruhi oleh jarak tempuh *overhead crane* sehingga variabel yang dimonitor untuk *roll current* adalah jarak. Sedangkan untuk komponen *remote* tidak terdapat variabel dimonitor karena penyebab kerusakannya sulit untuk dimonitor.

Selang waktu perawatan yang dipilih untuk komponen *roll current* adalah hasil penjadwalan perawatan dengan memperhatikan variabel dimonitor pada $z=1$ karena membutuhkan biaya

perawatan yang paling rendah. Selang waktu perawatan untuk komponen *roll current* adalah 39 hari dengan biaya Rp 87.953,19/tahun. Sedangkan selang waktu perawatan untuk komponen *remote* adalah 42 hari dengan biaya sebesar Rp 15.345,03/ tahun. Selang waktu perawatan ini didapatkan tanpa memperhatikan variabel dimonitor. Perawatan juga dapat dilakukan secara bersamaan untuk kedua komponen pada selang waktu 42 hari.

6.2 Saran

Perusahaan dapat mempertimbangkan untuk menerapkan jadwal perawatan *Overhead Crane* 10 Ton (005/OHC/BRB) dengan *proportional hazards model* dan *total time on test plotting* untuk meningkatkan ketersediaan mesin selama proses produksi. Perusahaan sebaiknya juga melibatkan bagian produksi dalam penyusunan jadwal perawatan dan memasukkan kegiatan perawatan dalam jadwal produksi sehingga pelaksanaan kegiatan perawatan dapat terlaksana dengan baik. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah penelitian dapat dikembangkan dengan memperhatikan lebih dari satu variabel dimonitor apabila kerusakan komponen memang dipengaruhi oleh lebih dari satu variabel.

REFERENSI

Barlow, R. E. dan Campo, R. (1975). Total Time on Test Process and Applications to Failure Data Analysis. *Reliability and Fault Tree Analysis*. pp. 451-481

Cox, D. R. (1972). Regression Models and Life Tables. *Journal of The Royal Statistical Society*. Vol. B 34, pp. 187-220.

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

Jardine, A.K.S. (1973). *Maintenance, Replacement and Reliability*. Pitman Publishing, London.

Kumar, Dhananjay dan Westberg, Ulf. (1997). Maintenance Scheduling Under Age Policy Using Proportional Hazards Model and TTT-Plotting. *European Journal of Operational Research*. Vol. 99, pp. 507-515.

Oda Pati, Alce. (2012). *Penjadwalan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Proportional Hazards Model dan Total Time On Test Plotting*. Tugas Sarjana - Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.