

Usulan Pembaharuan jadwal Kegiatan *Preventive Maintenance* pada Mesin *Curing* PCR PT.XYZ Menggunakan Metoda Distribusi *Weibull*

Herman Budi Harja, Nunu Ahmad Nugraha

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Email: herman@polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<p><i>Received</i> : 4 Januari 2019</p> <p><i>Accepted</i> : 4 Maret 2019</p> <p><i>Available</i> 1 Desember 2019</p>	<p>Seringnya terjadi kegiatan perawatan (downtime) tidak terencana mesin <i>Curing</i> pada <i>line</i> produksi ban mobil PT XYZ merupakan indikasi adanya ketidakefektifan perawatan terencana (PM) yang diterapkan perusahaan. Downtime tidak terencana menyebabkan <i>line</i> produksi berhenti dan kehilangan waktu berproduksi, meningkatnya jumlah produk gagal saat setup, dan tingginya biaya perawatan mesin produksi. Perusahaan perlu meningkatkan efektivitas dan efisiensi kinerja system perawatan melalui pembaharuan jadwal perawatan agar availability mesin tinggi. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi komponen penyebab kegagalan fungsi mesin curing dan menghasilkan rekomendasi waktu interval perawatannya yang sesuai. Metoda distribusi Weibull digunakan untuk mendapatkan nilai <i>index of fit time to failure</i> beberapa komponen kritis mesin, menganalisa laju kerusakan komponen, menghitung nilai <i>mean time between failure</i> (MTBF) komponen sebagai durasi <i>expected lifetime</i> komponen tersebut. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat dua komponen kritis pada mesin <i>curing</i> dengan indikasi laju kerusakan seiring waktu (nilai $\beta > 1$), yaitu silinder <i>press</i> dan EPV dengan nilai MTBF sebesar 89 hari untuk silinder <i>press</i> dan 231 hari untuk EPV. Hasil kajian ini mengusulkan pembaharuan jadwal PM mesin <i>curing</i> agar mempertimbangkan penambahan kegiatan PM baru yang mengakomodir nilai durasi <i>expected lifetime</i> dari komponen-komponen penyebab mesin <i>breakdown</i>, sehingga dapat meminimalkan <i>downtime</i> tidak terencana.</p>
<p>Kata Kunci:</p> <p>Perawatan tidak terencana; Expected lifetime; Pembaharuan jadwal PM</p>	<p>ABSTRACT</p> <p><i>The frequent occurrence of unplanned maintenance of curing machine on PT XYZ car tire production line is an indication of ineffectiveness implementation of the preventive maintenance. Unplanned downtime caused increasing of lost production time and failure products during setup, and also high cost maintenance. The company must improve the effectiveness and efficiency of the maintenance system performance through updating the maintenance schedule for obtaining high availability of the machine. The purpose of this study is to identify the components which cause the failure of the curing machine and give the recommendation of the appropriate maintenance interval. Weibull distribution method is used to get the index value of fit time to failure of machine components, analyze the component failure rate, calculate the mean time between failure (MTBF) as the expected lifetime of the component. The obtained result showed that there were two critical components with an indication of the increasing failure rate, as during wear-out (β value > 1), which are namely cylinder press and EPV with an MTBF value of 89 days for cylinder presses and 231 days for EPV. The results of this study propose for updating the curing machine PM schedule. the adding pressure valve and EPV on PM activities and using the its expected lifetime as its PM interval should be considering. it will minimize unplanned downtime.</i></p>

1 PENDAHULUAN

Mesin *curing* merupakan salah satu mesin produksi pada line produksi pembuatan ban di PT XYZ. Proses *curing* merupakan proses vulkanisasi ban yang berlangsung di dalam ruang *chamber* dengan temperature dan tekanan yang terkendali untuk mendapatkan sifat produk ban sesuai spesifikasi. Proses ini merupakan proses *finishing* dan berada di akhir line produksi ban. Jika terjadi mesin *curing breakdown*, maka akan menyebabkan proses produksi pada line produksi tersebut berhenti berproduksi. Saat ini kegagalan fungsi pada mesin *curing (breakdown)* sering terjadi walaupun telah dilakukan perawatan mesin dengan metoda *preventive maintenance (PM)*. Metoda perawatan PM merupakan policy perawatan yang secara umum diterima dan digunakan perusahaan sebagai upaya perawatan yang terencana/ terjadwal berbasis waktu operasi penggunaan mesin [1,2].

Interval atau selang kegiatan antar kegiatan PM dan lingkup daftar aktivitas setiap kegiatan PM adalah berdasarkan rekomendasi pabrik pembuat mesin maupun *preventive maintenance* berbasis nilai kerumitan pada mesin produksi. Nilai kerumitan mesin dihitung berdasarkan spesifikasi mesin dan asumsi kondisi operasi penggunaan mesin seperti[3]. Jika terjadi kegagalan fungsi Mesin *curing* di luar jadwal PM, maka hal ini mengakibatkan adanya kebutuhan kegiatan perawatan tidak terencana dan berdampak pada berkurangnya *availability* mesin, meningkatnya biaya perawatan mesin dan tingginya *lost production*, serta berujung pada kerugian perusahaan karena adanya keterlambatan *delivery* produk dan banyaknya produk gagal saat setup proses.

Availability adalah proporsi dari waktu mesin yang sebenarnya tersedia untuk melakukan produksi dengan waktu produksi yang ditargetkan seharusnya tersedia. *availability* adalah nilai ratio yang menunjukkan *line stop* ditinjau dari aspek *downtime* mesin. *availability (A)* adalah:

$$A = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \quad (1)$$

Kehandalan peralatan produksi akan berkurang seiring waktu operasi penggunaan dalam kondisi beban operasi ideal atau sesuai rekomendasi. Peralatan produksi akan mengalami penurunan kehandalan secara cepat jika dioperasikan pada kondisi beban operasi di atas kondisi rekomendasi pabrik pembuat mesin [4]. Perawatan merupakan upaya untuk perbaikan kehandalan peralatan agar kehandalannya selalu berada pada nilai optimum. Sering munculnya mesin *breakdown* ialah indicator bahwa jadwal perawatan PM mesin *curing* saat ini kurang efektif dan tidak sesuai dengan kondisi perkembangan kehandalan mesin dan kondisi operasi produksinya. Oleh karena itu diperlukan pembaharuan terhadap jadwal PM mesin termasuk pembaharuan lingkup item kegiatan PM_nya.

Mean Time Between Failure (MTBF) adalah rata – rata waktu suatu mesin dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. MTBF ini dirumuskan sebagai hasil bagi dari total waktu pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah/frekuensi kegagalan pengoperasian mesin karena *breakdown*. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada di bawah ini:

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Time Frekuensi Breakdown}} \quad (2)$$

Maintainability adalah suatu usaha dan biaya untuk melakukan perawatan (pemeliharaan). Suatu pengukuran dari *maintainability* adalah *Mean Time to Repair (MTTR)*, tingginya MTTR

mengindikasikan rendahnya *maintainability*. Dimana MTTR merupakan indikator kemampuan (skill) dari operator *maintenance* mesin dalam menangani atau mengatasi setiap masalah kerusakan.

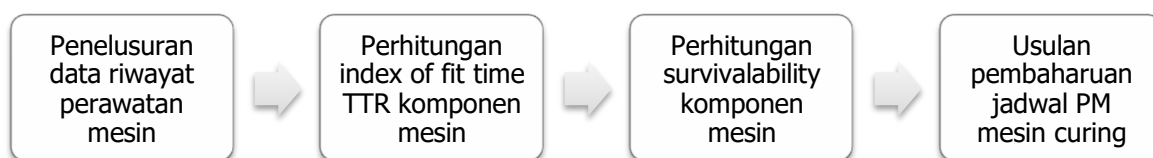
$$MTTR = \frac{\text{total Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \quad (3)$$

Beberapa penelitian pada topik penentuan interval perawatan PM telah dilakukan sebelumnya. Charles (2003) menyatakan bahwa PM merupakan upaya untuk mempertahankan kehandalan mesin melalui pelaksanaan perawatan yang *periodic* dalam *fix interval* waktu tertentu, tetapi belum dikaitkan dengan munculnya kegagalan fungsi mesin [5]. Oleh karena itu penelitian PM berlanjut pada berbagai modifikasi dan strategi interval PM. Imam Sodikin(2008) menggunakan pendekatan model Jardine untuk menentukan interval PM pada komponen mesin Excavator [6]. Destina Surya (2011) melakukan kajian usulan PM pada mesin cetak kertas menggunakan metoda RCM *Reliability Center Maintenance* untuk menentukan komponen kritis mesin berdasarkan analisa resiko yang terjadi jika terdapat kegagalan fungsi komponen [7].

Pada penelitian ini dilakukan kajian pembaharuan jadwal PM mesin *curing* melalui penelusuran dan perhitungan *index of fit time* TTR (*Time to Repair*) komponen kritis atau komponen yang menyebabkan mesin *curing* sering *breakdown*. Kajian ini menggunakan Metoda distribusi Weibull untuk mendapatkan nilai *index of fit time to failure* komponen kritis mesin. Nilai *mean time between failure* (MTBF) komponen sebagai durasi *expected lifetime* komponen tersebut. Nilai *expected time* diusulkan menjadi selang waktu atau interval antar kegiatan perawatan mesin *curing*. Pembaharuan jadwal PM mesin *curing* ini akan meminimalkan adanya kegiatan perawatan yang tidak terencana, sehingga system perawatan PM yang diterapkan perusahaan menjadi efektif dan efisien serta akan mempermudah sinkronisasi dengan jadwal produksi.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Penelitian diawali dengan menelusuri data riwayat perawatan mesin curing selama durasi tertentu, kemudian menghitung dan memilah komponen mesin dengan karakter yang memerlukan perlakuan teknik perawatan PM, menghitung *index of fit* TTF dan *survivability* komponen yang menyebabkan mesin *breakdown*, dan berikutnya merekomendasikan usulan pembaharuan jadwal PM.



Gambar 1. Tahapan penelitian

2.1 Penelusuran data history perawatan mesin *curing*

Penelusuran data histori dilakukan untuk mengamati riwayat pelaksanaan kegiatan perawatan mesin yang terjadwal PM dan yang tidak terjadwal (*breakdown maintenance*). Kemunculan kegiatan perawatan yang tidak terjadwal biasanya disebabkan adanya kegagalan komponen mesin sehingga mengganggu bahkan menyebabkan kegagalan fungsi mesin *curing*. Komponen-komponen mesin penyebab terjadinya *breakdown maintenance* tersebut disebut sebagai komponen kritis mesin. *Breakdown maintenance* dapat terjadi disebabkan oleh kegagalan fungsi satu komponen ataupun beberapa komponen mesin secara bersamaan.

Pengamatan data kerusakan komponen kritis mesin *curing* diambil selama 2 tahun 3 bulan yaitu dari bulan Januari 2016 sampai Maret 2019.

2.2 Penentuan Index of fit time to failure (TTF) komponen kritis mesin *curing*.

Komponen kritis merupakan komponen mesin yang menyebabkan mesin *breakdown* dan adanya kegiatan perawatan di luar jadwal PM. Berdasarkan penelusuran data histori terdapat dua komponen kritis pada mesin *curing* yaitu silinder *press* dan *Electronic Propotional Valve* (EPV). EVP merupakan komponen katup yang berfungsi untuk mengatur besaran debit aliran fluida N2 yang berpengaruh terhadap temperatur dan tekanan ruang chamber proses *curing* ban. EPV dituntut berfungsi secara *real time* dan memberi respon pengaturan aliran debit secara cepat sehingga sesuai dengan perubahan kebutuhan temperature dan tekanan di dalam chamber mesin *curing*.

Distribusi Weibull biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang menyangkut lama waktu (umur) suatu objek yang mampu bertahan hingga akhirnya objek tersebut tidak berfungsi sebagaimana mestinya (kegagalan atau *failure*). Menurut ebelling, salah satu pola kerusakan komponen dengan laju *failure* yang meningkat seiring waktu penambahan waktu operasi komponen dikelompokkan pada kategori *wear-out* dan solusi upaya *recovery* kehandalan yang perlu dilakukan adalah menggunakan perawatan yang terencana [8].

Berikut adalah beberapa fungsi untuk menghitung distribusi Weibull.

$$x_i = \ln(x) \quad (4)$$

$$y_i = \ln(-\ln(1 - F(x))) \quad (5)$$

$$F(x_i) = (n - 0.5)/11 \quad (6)$$

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{\sum y_i - (\beta \sum x_i)}{n} \quad (8)$$

$$MTBF \text{ actual} = \frac{\sum x}{n} \quad (9)$$

$$MTBF \text{ estimasi} = \alpha * \text{Exp}(\ln(1 + \frac{1}{\beta})) \quad (10)$$

Usulan Pembaharuan jadwal Kegiatan Preventive Maintenance pada Mesin Curing PCR PT.XYZ
Menggunakan Metoda Distribusi Weibull

Perhitungan *index of fit time* dilakukan untuk menentukan distribusi kerusakan komponen yang nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan *mean time to failure* (MTTF). Data nilai *time to failure* (TTF) diambil dari waktu perawatan yang telah dilakukan hingga terjadi kerusakan, dan selang waktu dari perbaikan hingga terjadi kerusakan kembali.

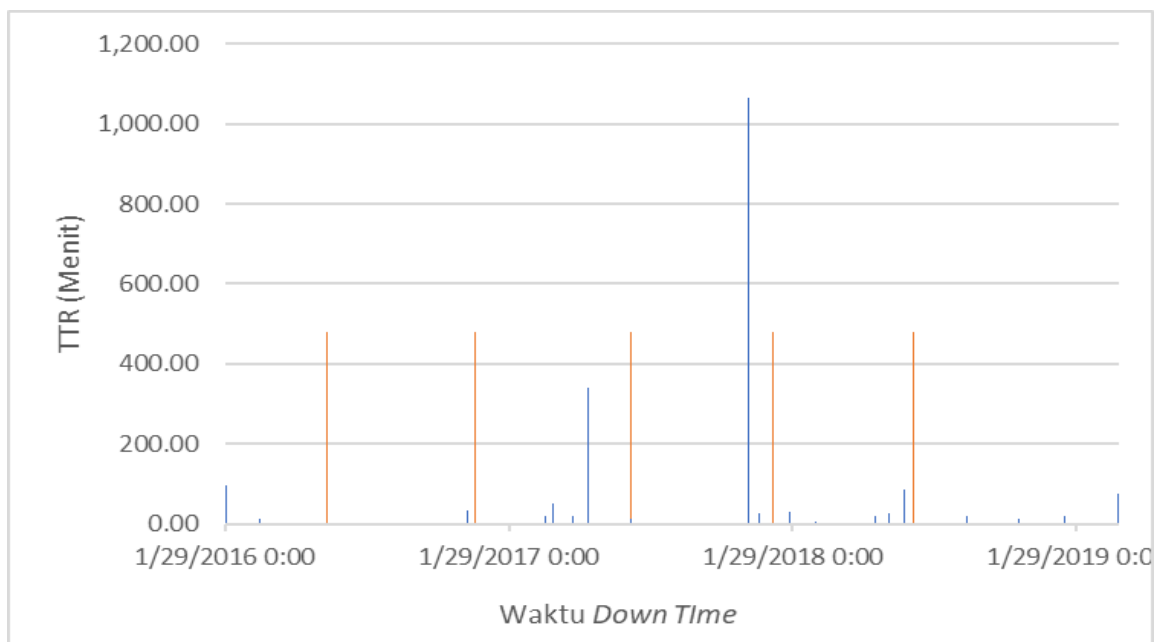
3 HASIL

Sesuai dengan fokus kajian pembaharuan jadwal PM menggunakan metoda distribusi Weibull untuk menganalisa dan memilah komponen dengan karakter kegagalannya akan semakin tinggi seiring waktu penggunaannya (atau nilai index $\beta > 1$). Strategi perawatan PM diperuntukkan untuk jenis Kegagalan obyek dengan nilai index $\beta > 1$. Terdapat dua komponen mesin *curing* dengan nilai index $\beta > 1$ yaitu silinder *press* dan EPV (*Electronic Propotional Valve*).

3.1. *Index of fit time to failure* (TTF) komponen selinder *press*.

3.1.1. Data histori perawatan komponen selinder *press*.

Pada grafik 3.1 ditunjukkan data hasil penelusuran riwayat *downtime* mesin *curing* yang terdiri dari *downtime* terencana PM maupun *downtime* yang tidak terencana. *Downtime* terencana (PM) ditampilkan dengan garis berwarna merah dilaksanakan dengan selang waktu ruting setiap 180 hari. *Downtime* tidak terencana karena adanya mesin breakdown ditampilkan dengan warna biru. *Downtime* mesin *curing* dari bulan januari 2016 hingga januari 2019 terdiri dari 5 kali *downtime* PM terencana dan 19 kali *downtime* tidak terencana.



Gambar 2. Grafik *downtime* mesin *curing*

Total lamanya mesin berhenti (*Time to Repair*) untuk *downtime* tidak terencana karena adanya 19 kali mesin *breakdown* adalah 1.872 menit. Sehingga menggunakan persamaan 3 maka nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) -nya adalah:
 $MTTR = 1.872/19 = 98,52$ menit.

Total selang waktu antar kegagalan/kerusakan terjadi (*Time to Failure*) adalah 1182,63 hari, sehingga menggunakan persamaan 2 maka nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) _nya ialah:

$$MTBF = 1182,63 / 19 = 62,24 \text{ hari.}$$

3.1.2. Nilai index of fit time TTF komponen silinder *press*

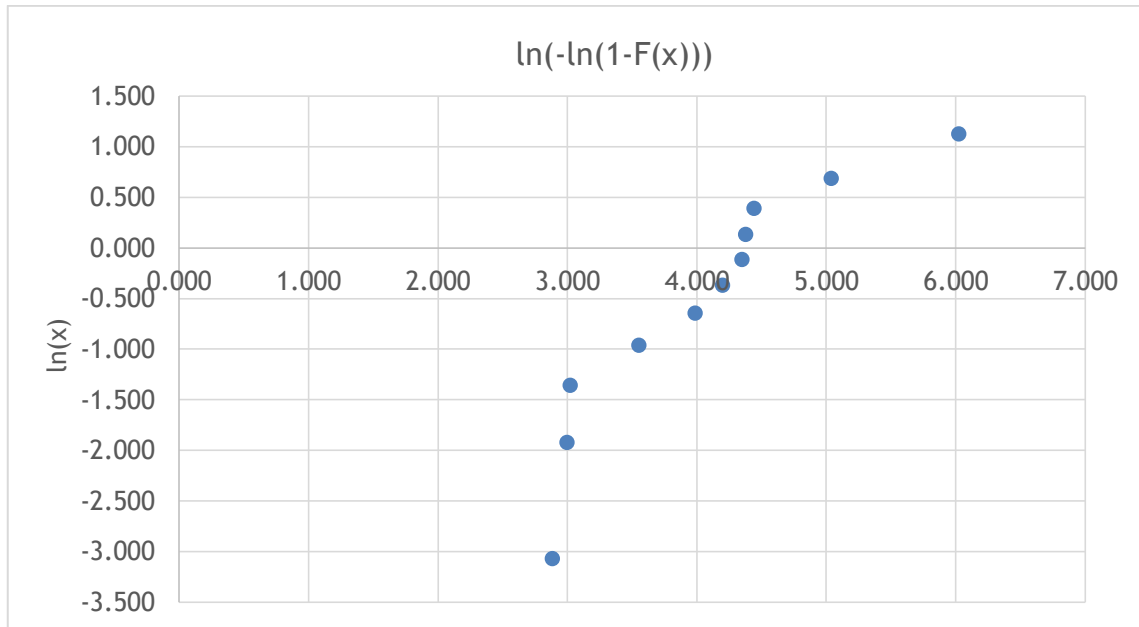
Perhitungan *index of fit* TTR silinder *press* menggunakan data riwayat kegiatan perawatan (*down time*) yang melibatkan komponen selinder *press*. Pada dokumen detail kegiatan perawatan mesin *curing* menunjukkan bahwa komponen selinder *press* ternyata tidak termasuk dalam item obyek komponen yang diperbaiki pada kegiatan PM, sehingga data TTF komponen dihitung secara aktual hanya berdasarkan TTF antar kegiatan perawatan tidak terencana. Pada table 1. ditampilkan perhitungan *index of fit* TTR selinder *press*. x adalah waktu antar terjadinya kerusakan (TTR) selinder *press*.

Tabel 1. Perhitungan *index of fit* TTR selinder *press*

i	x	sort x	ln(x)	F(x)	ln(-ln(1-F(x)))
1	412.313	17.840	2.881	0.045	-3.068
2	34.815	19.977	2.995	0.136	-1.920
3	19.977	20.476	3.019	0.227	-1.355
4	53.767	34.815	3.550	0.318	-0.960
5	153.889	53.767	3.985	0.409	-0.642
6	84.747	66.456	4.197	0.500	-0.367
7	77.205	77.205	4.346	0.591	-0.112
8	17.840	79.427	4.375	0.682	0.136
9	20.476	84.747	4.440	0.773	0.393
10	79.427	153.889	5.036	0.864	0.689
11	66.456	412.313	6.022	0.955	1.129

Pada gambar 3. Ditunjukkan grafik *index of fit time* selinder *press*. Distribusi nilai memiliki karakteristik yang cenderung naik, artinya kerusakan komponen selinder *press* akan semakin meningkat seiring waktu penggunaannya. Jenis karakteristik kerusakan komponen ini membutuhkan perlakuan teknik perawatan *preventive maintenance*.

Usulan Pembaharuan jadwal Kegiatan Preventive Maintenance pada Mesin Curing PCR PT.XYZ
Menggunakan Metoda Distribusi Weibull



Gambar 3. Grafik *index of fit time* selinder *press*.

Sesuai persamaan (4), persamaan (5) dan persamaan (6) untuk perhitungan x_i ; y_i ; dan $F(x_i)$ maka parameter selinder *press* secara lengkap ditampilkan pada table 2.

Tabel 2. Perhitungan *index of fit 2* selinder *press*

N	X_i	$F(x_i)$	Y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i \cdot y_i$
1	-3.07	0.05	-3.07	9.41	88.58	-28.87
2	-1.92	0.14	-1.92	3.69	13.59	-7.08
3	-1.36	0.23	-1.36	1.84	3.38	-2.49
4	-0.96	0.32	-0.96	0.92	0.85	-0.88
5	-0.64	0.41	-0.64	0.41	0.17	-0.27
6	-0.37	0.50	-0.37	0.13	0.02	-0.05
7	-0.11	0.59	-0.11	0.01	0.00	0.00
8	0.14	0.68	0.14	0.02	0.00	0.00
9	0.39	0.77	0.39	0.16	0.02	0.06
10	0.69	0.86	0.69	0.48	0.23	0.33
11	1.13	0.96	1.13	1.27	1.62	1.44
Σ	-6.08	5.50	-6.08	18.34	108.46	-37.81

Perhitungan MTBF aktual menggunakan persamaan (9), kemudian perhitungan nilai β dan nilai α untuk mendapatkan nilai MTBF estimasi Weibull komponen selinder *press* menggunakan persamaan (7) dan (8).

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i \sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 1,188$$

$$\alpha = \frac{\sum y_i - (\beta \sum x_i)}{n} = 93,879$$

$$MTBF \text{ aktual} = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Time Frekuensi Breakdown}} = \frac{\sum x}{n} = 1020, \frac{911}{11} = 92,81 \text{ hari} =$$

$$\begin{aligned} \text{MTBF Estimasi (Weibull)} &= a\Gamma(1+1/\beta) = 93.879\Gamma(1+1/\beta) && \text{*fungsi excel} \\ &= a*\text{EXP}(\text{GAMMALN}(1+1/\beta)) \\ &= 93,879*\text{EXP}(\text{GAMMALN}(1+1/1.188)) \\ &= 88,54 \text{ hari} \\ S^2 \text{ (Variansi)} &= \frac{\sum[(x - \bar{x})^2]}{(n - 1)} \\ &= \text{VAR.S}(X1:X11) \\ &= 12803,978 \\ R^2 \text{ (Tingkat Kepercayaan)} &= \text{RSQ}(Y1:Y11,X1:Xi11) \text{ *fungsi excel} \\ &= 0,849 \\ &= 85\% \end{aligned}$$

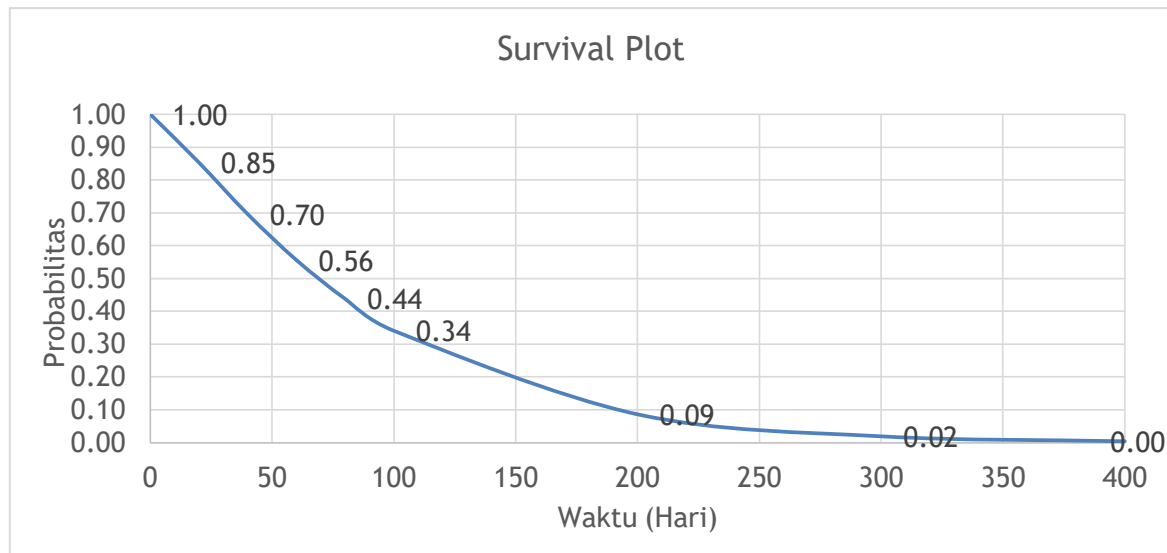
β dan a merupakan koefisien weibull yang digunakan untuk menghitung MTBF weibull. $\beta > 1$ menunjukkan bahwa karakter kerusakan komponen terjadi meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penggunaan komponen, maka direkomendasikan untuk dilakukan perawatan berkala atau *preventive maintenance*. MTBF aktual adalah perhitungan MTBF dengan menghitung rata-rata waktu kerusakan terjadi seperti perhitungan di atas dengan hasil 92,81 hari. MTBF estimasi Weibull yang dihitung menggunakan β dan a merupakan interval perawatan dari silinder *press* yang direkomendasikan yaitu setiap 88,54 hari.

3.1.3. Kemampuan *survivability* komponen selinder *press*

Perhitungan *survivability* menggunakan probabilitas dengan *tools add-on* probabilitas Microsoft Excel. [9]

Dengan fungsi probabilitas =1-WEIBULL(\$"Waktu (Hari)", β , α , TRUE)

Grafik hasil perhitungan *survivability* sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik *survivability* selinder *press*

Pada tabel 3. ditunjukkan presentasi probabilitas komponen silinder *press* untuk tidak rusak setelah melalui waktu penggunaan. Kemungkinan silinder *press* masih berfungsi dengan baik setelah 88,54 hari adalah 39%.

Untuk mengetahui persentase kemungkinan berapa hari komponen dapat bertahan setelah perbaikan dapat ditentukan dengan:

Tabel 3. Prosentasi probabilitas *survivabilitas* selinder *press*

p	Waktu (Hari)
1%	338.75
10%	189.20
20%	140.02
30%	109.72
39%	88.54
40%	87.22
50%	68.99
60%	53.38
70%	39.47
80%	26.61
90%	14.17
95%	7.74
99%	1.97

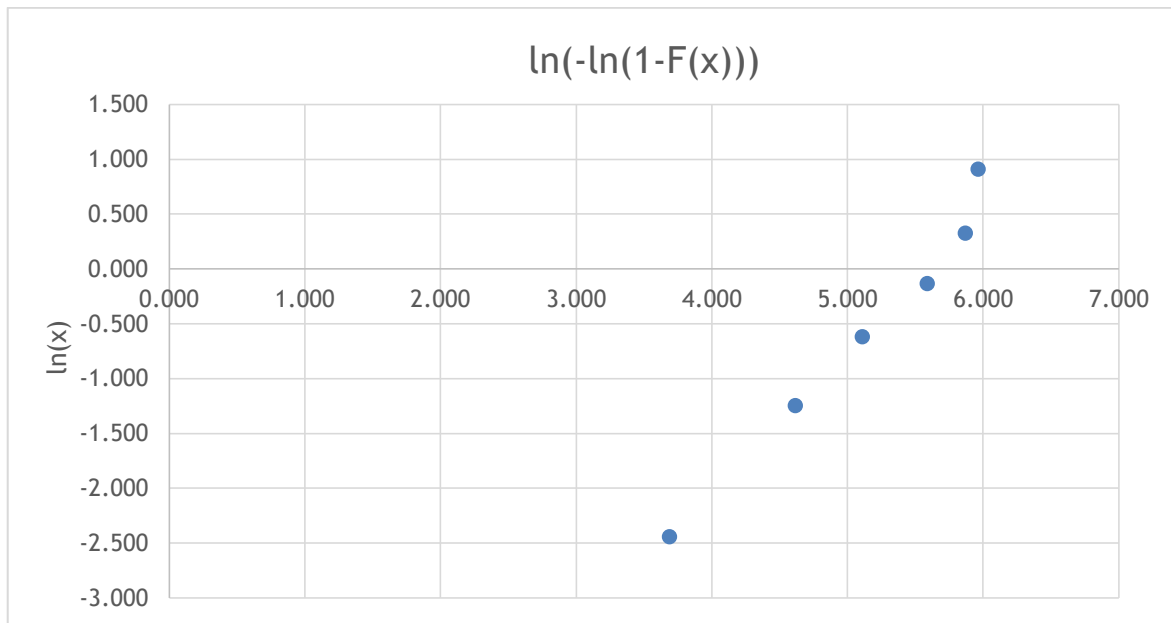
3.2.1. Data histori perawatan komponen EPV mesin *curing*

hasil penelusuran riwayat *downtime* mesin *curing* dari bulan januari 2016 hingga januari 2019 terdiri dari 5 kali *downtime* PM terencana dan 6 kali *downtime* tidak terencana karena adanya kerusakan pada komponen EPV.

3.2.2. Perhitungan *index of fit Time to Failure* komponen EPV

Tabel 4. Perhitungan *Index of fit* TTF EPV

i	x	sort x	ln(x)	F(x)	ln(-ln(1-F(x)))
1	266.8064352	39.898	3.686	0.083	-2.442
2	100.8818634	100.881863	4.614	0.250	-1.246
3	165.3246759	165.324676	5.108	0.417	-0.618
4	39.89815972	266.806435	5.587	0.583	-0.133
5	353.2620833	353.262083	5.867	0.750	0.327
6	388.25	388.25	5.962	0.917	0.910



Gambar 5. Grafik *index of fit* TTF EPV

Pada Gambar 5. ditunjukkan grafik *index of fit* TTF komponen EPPV, dimana karakteristiknya menunjukkan semakin meningkat seiring waktu sehingga perlu dilakukan perlakuan teknik perawatan PM.

Sesuai persamaan (4), persamaan (5) dan persamaan (6) untuk perhitungan xi; yi; dan F(xi) maka parameter EPV secara lengkap ditampilkan pada table 5.

Tabel 5. Perhitungan *index of fit* TTF EPV

n	xi	F(xi)	yi	xi ²	yi ²	xi.yi
1	3.686	0.083	-2.442	13.589	5.962	-9.001
2	4.614	0.250	-1.246	21.289	1.552	-5.749
3	5.108	0.417	-0.618	26.091	0.382	-3.157
4	5.587	0.583	-0.133	31.209	0.018	-0.743
5	5.867	0.750	0.327	34.424	0.107	1.916
6	5.962	0.917	0.910	35.541	0.829	5.427
Σ	30.82	3.00	-3.20	162.14	8.85	-11.31

Perhitungan MTBF actual menggunakan persamaan (9), kemudian perhitungan nilai β dan nilai α untuk mendapatkan nilai MTBF estimasi Weibull komponen EPV menggunakan persamaan (7) dan (8).

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i \sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = 1,355$$

$$\alpha = \frac{\sum y_i - (\beta \sum x_i)}{n} = 252,4$$

$$\text{MTBF actual} = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Time Frekuensi Breakdown}} = \frac{\sum x}{n} = \mathbf{1341,42/6 = 219,07 \text{ hari}}$$

$$\begin{aligned} \text{MTBF Estimasi (Weibull)} &= \sigma \Gamma(1+1/\beta) = 93.879 \Gamma(1+1/\beta) && \text{*fungsi excel} \\ &= \sigma * \text{EXP}(\text{GAMMALN}(1+1/\beta)) \\ &= 252,4 * \text{EXP}(\text{GAMMALN}(1+1/1.188)) \\ &= 231,29 \text{ hari} \end{aligned}$$

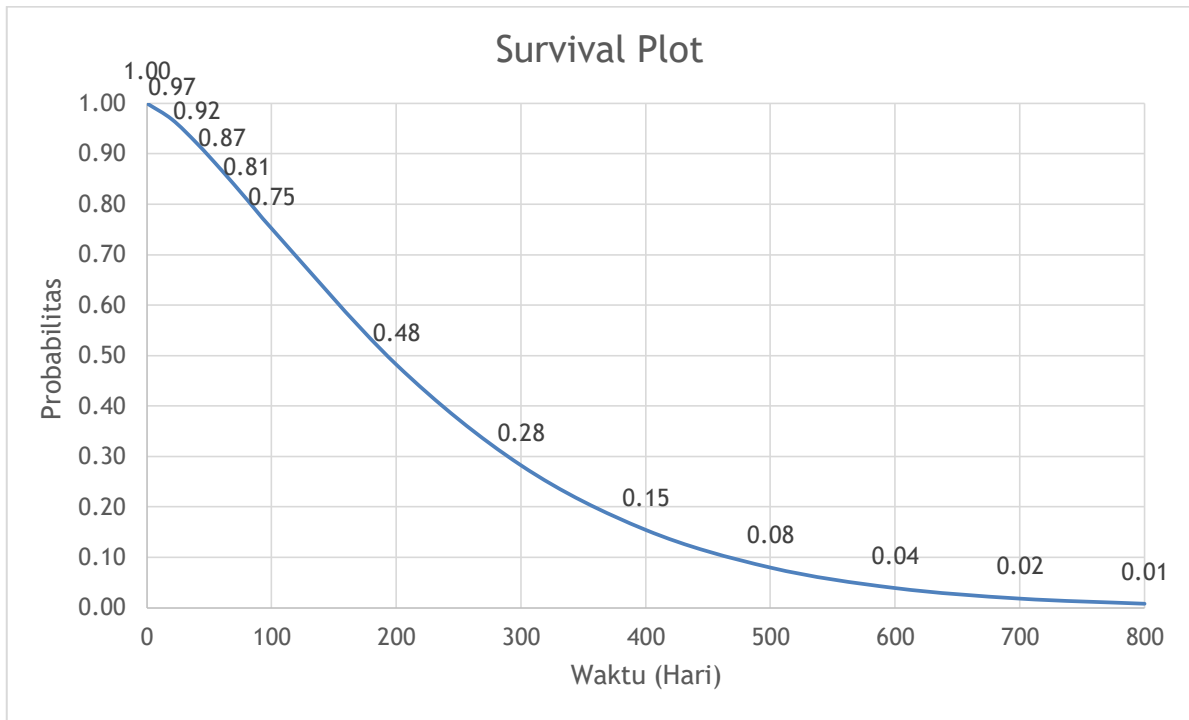
$$\begin{aligned} S^2 \text{ (Variansi)} &= \frac{\sum [(x - \bar{x})^2]}{(n - 1)} \\ &= \text{VAR.S}(X1:X11) \\ &= 19573,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 \text{ (Tingkat Kepercayaan)} &= \text{RSQ}(Y11:Yi11, X11:Xi11) \text{ *fungsi excel} \\ &= 0,975 \end{aligned}$$

β dan α merupakan koefisien weibull yang digunakan untuk menghitung MTBF. $\beta > 1$ menunjukkan bahwa karakter kerusakan komponen terjadi meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penggunaan komponen, maka direkomendasikan untuk dilakukan perawatan berkala atau *preventive maintenance*. MTBF actual adalah perhitungan MTBF dengan menghitung rata-rata waktu kerusakan terjadi seperti perhitungan di atas dengan hasil 219,07 hari. MTBF estimasi Weibull yang dihitung menggunakan β dan α merupakan interval perawatan dari silinder *press* yang direkomendasikan yaitu setiap 231,29 hari.

3.2.3. Perhitungan *survivability* komponen EPV

Perhitungan *survivability* menggunakan probabilitas dengan *tools add-on* probabilitas Microsoft Excel [6]. Formula fungsi probabilitas yaitu 1-WEIBULL(\$"Waktu (Hari)", β , α , TRUE). Hasil perhitungan *survivability* ditunjukkan pada grafik gambar 6. sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik *survavibility* EPV

Pada tabel 6. ditunjukkan presentasi probabilitas komponen EPV untuk tidak rusak setelah melalui waktu penggunaan. Kemungkinan EPV masih berfungsi dengan baik setelah 231,29 hari adalah 49%.

Untuk mengetahui persentase kemungkinan berapa hari komponen dapat bertahan setelah perbaikan dapat ditentukan dengan:

Tabel 6. Prosentasi probabilitas *survavibility* selinder *press*

p	Waktu (Hari)
1%	779.06
10%	467.10
20%	358.61
30%	289.46
40%	236.63
41%	231.29
50%	192.58
60%	153.74
70%	117.94
80%	83.43
90%	47.95
95%	28.19
99%	8.47

4. KESIMPULAN DAN RENCANA PENELITIAN BERIKUTNYA

Dari penelitian yang telah dilakukan, jadwal PM mesin curing perlu diperbaharui. Beberapa hal yang harus diperhatikan pada pembaharuan jadwal adalah:

- Penggunaan metoda distribusi Weibull untuk mendapatkan komponen penyebab mesin sering *breakdown* dengan nilai $\beta > 1$ atau berkarakteristik laju kegagalan yang membutuhkan perlakuan perawatan *preventive maintenance*.
- Terdapat dua komponen yang perlu dipertimbangkan dalam lingkup item komponen dengan perawatan PM, yaitu selinder *press* dan EPV (*Electronic Proportional Valve*).
- Nilai *index of time to failure* yang menjadi nilai acuan *expected lifetime* atau selang waktu PM dari komponen selinder *press* dan EPV adalah 89 hari dan 231 hari.
- Usulan pembaharuan jadwal PM mesin agar mempertimbangkan penambahan kegiatan PM baru yang mengakomodir nilai durasi *expected lifetime* dari komponen-komponen penyebab mesin *breakdown*, sehingga tidak terjadi kegiatan perawatan yang tidak terencana dan menyebabkan *line* produksi berhenti.

Rencana penelitian berikutnya adalah penelusuran komponen kritis setiap peralatan produksi pada line produksi pembuatan ban untuk usulan pembaharuan jadwal PM secara keseluruhan.

5. REFERENSI

- [1] F.G. Badia, dkk, "Optimal Inspection and Preventive Maintenance of Units with Revealed and Unrevealed Failures", Reliability Engineering and system Safety, 78, 157-163, 2002.
- [2] V. Mijailovic, "Probabilistic Method for Planning of Maintenance Activities of sustain Component", electric Power system Research, 64, 53-58, 2003.
- [3] H.P. Garg. *Industrial Maintenance*. New Delhi, India; S. Chand & Company LTD. 2002.
- [4] S. Borris. *Handbook on the Total Productive Maintenance*. New York; McGraw Hill, 2006.
- [5] A. Charles, dkk, "Optimization of Preventive Maintenance strategies in a multipurpose batch plant: Application to Semiconductor Manufacturing", Computer and chemical engineering, 27, 449-467, 2003.
- [6] I. Sodikin, "Penentuan Perawatan Preventive Komponen elektrik dan komponen Mekanik yang optimal pada mesin *excavator* seri PC 200-6 dengan Pendekatan Model Jardine", Jurnal Teknologi, vol.1 Nomor 2, 2008.
- [7] D.S. Dhamayanti, dkk, "Usulan Preventive Maintenance pada Mesin Komori LS440 dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM II) dan *Risk Base Maintenance* (RBM) di PT ABC", Jurnal Rekayasa Sistem & Industri, Vol. 3, Nomor 2, 2016.
- [8] C. Ebelling. *Reliability & Maintainability Engineering*. New York; McGraw Hill, 1997.
- [9] Charles Zaiontz, *The Real Statistics Resource Pack by Charles Zaiontz*.