

# Simulasi *Montecarlo* pada Penjadwalan *Preventive Maintenance* Komponen Kritis Mesin *Breaker* dan Mesin *Hammermill*

Wresni Anggraini<sup>1</sup>, Arfan Aditia<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas  
Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru  
email: <sup>1</sup>wresni\_anggraini@ymail.com, <sup>2</sup>arfan.aditia@yahoo.com

## Abstrak

*PT. P & P Bangkinang* merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan karet mentah menjadi karet olahan setengah jadi (*Crumb Rubber*). Permasalahan yang dihadapi perusahaan pada tahun 2014 adalah dominannya waktu *downtime* pada mesin *breaker* dan mesin *hammermill*, yaitu 280,06 jam. Selama ini perusahaan menerapkan sistem pemeliharaan *Breakdown Maintenance*, yaitu apabila salah satu mesin mengalami kerusakan maka mesin yang lain juga akan berhenti beroperasi. Proses produksi akan dilanjutkan kembali setelah mesin yang rusak diperbaiki. Semakin lama waktu perbaikan atau penggantian komponen mesin produksi maka semakin lama pula proses produksi terhenti. *Downtime* mesin menyebabkan perusahaan hanya mampu mencapai target sebesar 86,33% dari target yang telah ditentukan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komponen kritis penyebab kerusakan pada mesin *breaker* dan mesin *hammermill*, memberikan usulan penjadwalan penggantian komponen kritis mesin sebagai tindakan *preventive maintenance* dan mensimulasikan usulan penjadwalan penggantian komponen dengan simulasi *Monte Carlo*. Hasil yang diperoleh untuk penentuan komponen kritis serta usulan penjadwalan penggantian komponen, yaitu gear kecil pada jam ke 492,616, kelahar pada jam ke 727, bearing pada jam ke 398 dan kelahar conveyor pada jam ke 406,674. Berdasarkan hasil *running time* simulasi *Monte Carlo* selama 4382 jam, diketahui strategi perawatan yang tepat untuk meminimalisasi *downtime* yaitu skenario 2 (*Preventive Maintenance*) dengan total *downtime* sebesar 32,91 jam dibandingkan dengan skenario 1 (*Corrective Maintenance*) sebesar 42,49 jam dan skenario eksisting sebesar 49,7 jam.

**Kata kunci:** *downtime*, *monte carlo*, *preventive maintenance*, simulasi

## Abstract

*PT. P & P Bangkinang* is a company engaged in the processing of raw rubber into semi-finished products (*Crumb Rubber*). In 2014, the company facing 280.06 hours *downtime* which occurred on the *breaker* and *hammermill* machines. All along, the company implemented *breakdown maintenance* systems. Under this system, if there was a problem in one machine, all other machines would be stopped processing. It meant all the production process was stopped. The production process would be continued if the machine has already fixed. The longer time to fix the machine, the longer time the production process would be canceled. Machine's *downtime* was causing unachievement of production target. It's only able to achieve 86.33% from the target has been determined. The purposes of this research are to determine the critical components of *breaker* and *hammermill* machines which causing *breakdown*, to propose schedule for critical component replacement, and to make *monte carlo* simulation for the critical components replacement schedule. The results obtained for the determination of the critical components as well as with the proposed scheduling replacement of components, namely small gear 492.616 hours, kelahar 727 hours, 398 hours bearing and conveyor kelahar 406.674 hours. Based on the results of *running time* simulation for 4382 hours, appropriate strategies to minimize *downtime* that scenario 2 (*Preventive Maintenance*) with a total *downtime* of 32.91 hours compared to scenario 1 (*Corrective Maintenance*) of 42.49 hours and the existing scenario of 49.7 hours.

**Keywords:** *downtime*, *monte carlo*, *preventive maintenance*, simulation

## 1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri yang semakin pesat, mengakibatkan adanya peningkatan kompetisi di dunia industri, sehingga perusahaan-perusahaan industri berlomba-lomba untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi. Salah satunya adalah upaya perusahaan

dalam memperpanjang waktu pengoperasian suatu fasilitas industri dan mengurangi kerugian produksi yang diakibatkan oleh rusaknya peralatan. Hal ini memerlukan suatu program perawatan yang terencana dengan baik serta pengambilan keputusan yang tepat. *Preventive maintenance* merupakan alternatif terbaik dalam memecahkan masalah tersebut, karena terkadang departemen perawatan disuatu perusahaan industri tidak mempertimbangkan kemungkinan adanya kerusakan mesin secara tiba-tiba.

Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah inspeksi secara periodik untuk mendeteksi kondisi yang dapat menyebabkan kondisi mesin rusak (*breakdown*) atau terhentinya proses sehingga dapat mengembalikan kondisi peralatan seperti pada saat peralatan itu ada. *Preventive maintenance* merupakan proses deteksi dan perawatan dari ketidaknormalan peralatan sebelum timbul kerusakan yang menyebabkan kerugian

PT. P & P Bangkinang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam pengolahan karet mentah menjadi barang setengah jadi (*crumb rubber*) yang diekspor keluar negeri. Jenis produk yang dihasilkan yaitu *crumb rubber* SIR-10 (*Standard Indonesia Rubber*) dan SIR-20. Perbedaan dari dua jenis ini adalah SIR-10 menggunakan bahan baku yaitu 85% bokar (bongkahan karet) A dan 15% bokar B, sedangkan untuk jenis SIR-20 yang memiliki kualitas dibawah SIR-10 yaitu dengan komposisi bokar A sebanyak 40% dan bokar B sebanyak 60%.

Pada saat dilakukan penelitian pendahuluan, PT. P & P Bangkinang menerapkan sistem pemeliharaan *breakdown maintenance*. Apabila salah satu mesin mengalami kerusakan maka mesin yang lain juga akan terhenti, dengan demikian proses produksi dapat dilanjutkan kembali setelah mesin dilakukan perbaikan, semakin lama waktu perbaikan atau penggantian komponen mesin produksi maka semakin lama pula proses produksi terhenti.

Tabel 1.1 menunjukkan jumlah downtime pada mesin Breaker dan mesin Hammermill pada tahun 2014. Kerusakan mesin yang terjadi tiba-tiba tersebut menimbulkan kerugian yang dapat mengakibatkan tidak adanya *output* yang dihasilkan disebabkan mesin tidak berproduksi, sehingga target produksi perusahaan tidak tercapai.

Tabel 1.1 *Downtime* Mesin *Breaker* dan Mesin *Hammermill* Tahun 2014

Bulan	Machine Break (Jam)	Planned Downtime		Downtime (Jam)
		Warm up (Jam)	Setup Time(Jam)	
Januari	10,64	8,91	6,8	26,35
Februari	4,9	7,92	6,7	19,52
Maret	7,89	8,58	6,92	23,39
April	6,81	8,58	6,63	22,02
Mei	8,02	8,91	5,72	22,65
Juni	3,28	8,58	7,73	19,59
Juli	10,87	8,91	6,22	26
Agustus	11,98	8,58	6,58	27,14
September	6,47	8,58	7	22,05
Oktober	7,63	8,91	6,84	23,38
November	5,04	8,58	7,6	21,22
Desember	10,64	8,91	7,2	26,75
<b>Total</b>	94,17	103,95	81,94	280,06

(Sumber: Data PT. P & P Bangkinang, 2014)

Tabel 1.2 Produksi *Crumb Rubber* SIR-10 dan SIR-20 Tahun 2014

Bulan	Realisasi Produksi	Target Perusahaan per Bulan	Ketercapaian Target Produksi
Januari	1.397.340	1.500.000	(-) 102.660
Februari	1.012.920	1.200.000	(-) 187.080
Maret	1.330.900	1.500.000	(-) 169.100
April	1.191.428	1.500.000	(-) 308.572
Mei	1.355.180	1.500.000	(-) 144.820
Juni	1.186.290	1.400.000	(-) 213.710
Juli	1.140.770	1.400.000	(-) 259.230
Agustus	950.670	1.200.000	(-) 249.330
September	952.990	1.200.000	(-) 247.010
Oktober	1.082.970	1.200.000	(-) 117.030
November	972.270	1.200.000	(-) 227.730
Desember	968.810	1.200.000	(-) 231.190
<b>Total Keseluruhan</b>	13.542.538	16.000.000	(-) 2.457.462
<b>Produktivitas</b>	86,33%		

(Sumber: Data PT. P & P Bangkinang, 2014)

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu perawatan mesin yang terencana dengan baik dan teratur untuk mengatasi segala masalah diatas, sehingga keadaan ketidakpastian dan segala kemungkinan terhentinya proses produksi dapat diantisipasi sehingga nantinya akan diperoleh selang waktu perawatan yang optimal. Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan “Bagaimana menerapkan strategi perawatan pada komponen mesin *breaker* dan mesin *hammermill* sebagai tindakan *preventive maintenance* di PT. P & P Bangkinang?”

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan usulan penjadwalan penggantian komponen kritis mesin terhadap pihak perusahaan untuk dilakukannya *preventive maintenance* dan menerapkan perawatan *preventive maintenance* dengan menggunakan simulasi *monte carlo*.

## 2. Metodologi Penelitian

Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah inspeksi secara periodik untuk mendeteksi kondisi yang dapat menyebabkan kondisi mesin rusak (*breakdown*) atau terhentinya proses sehingga dapat mengembalikan kondisi peralatan seperti pada saat peralatan itu ada. *Preventive maintenance* merupakan proses deteksi dan perawatan dari ketidaknormalan peralatan sebelum timbul kerusakan yang menyebabkan kerugian (Kurniawan, 2013).

Secara umum *preventive maintenance* dapat diklasifikasikan menjadi 2 aktivitas, antara lain:

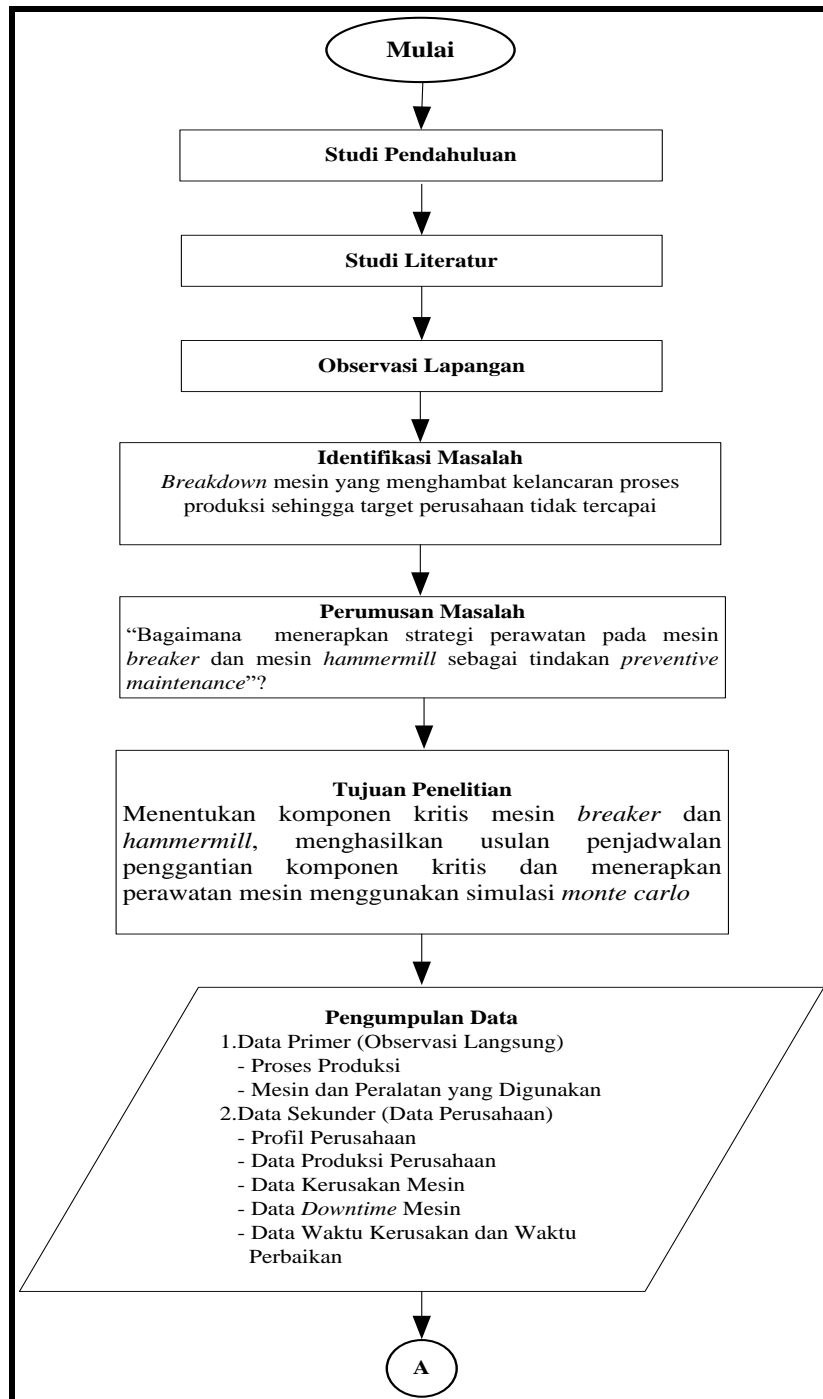
1. Inspeksi secara periodik.
2. Pemulihan terencana dari kerusakan berdasarkan hasil inspeksi tersebut.

Pemeliharaan pencegahan dilakukan guna memperpanjang umur sistem ataupun meningkatkan kehandalan dari sistem tersebut. Tindakan pemeliharaan ini seperti halnya pelumasan, *testing*, penggantian terencana terhadap komponen dan sebagainya sampai pada *overhaul* yang memerlukan waktu durasi kegagalan yang signifikan. Tindakan pencegahan biasanya sudah direncanakan dan terjadwal (Widyaningsih, 2011).

Sistem perawatan yang paling efektif diterapkan dalam perusahaan industri adalah perawatan preventif (*Preventive Maintenance*). Kegiatan perawatan, sebaiknya dilakukan sesuai dengan jadwal dan sifatnya direncanakan. Perawatan preventif adalah aktivitas perawatan, guna menghindari kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba, melalui sistem perawatan berkala dan terencana (Kurniawan, 2013).

Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan industri adalah dalam menentukan penjadwalan preventif, sehingga jadwal yang telah ditetapkan terkadang kurang optimal, dan berdampak terhadap *output* produksi. Penentuan interval waktu optimum, dapat membantu perusahaan dalam menetapkan waktu perawatan, sehingga kehilangan sumber daya akibat terhentinya proses secara dini dapat diantisipasi secara dini. Hal ini dilakukan untuk menentukan interval waktu yang optimum pada perawatan preventif terhadap mesin produksi berdasarkan biaya terendah (Kurniawan, 2013). Pada penelitian ini data kerusakan mesin yang digunakan adalah Januari sampai Desember 2014.

Tahapan penelitian yang dilakukan digambarkan pada *flowchart* dibawah ini:



Gambar 3.1 *Flow Chart* Metodologi Penelitian

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Penentuan Komponen Kritis Mesin Breaker dan Mesin Hammermill

Berdasarkan hasil penentuan prioritas perbaikan mesin *breaker*, diketahui terdapat tiga jenis kerusakan yang menyebabkan terjadinya *downtime* yang lama. Adapun tiga jenis kerusakan pada mesin *breaker* tersebut yaitu corong mesin *breaker* tersumbat, gigi kecil mesin rusak, dan kelahar mesin rusak. Dan pada mesin hammermill juga terdapat 3 jenis kerusakan yang menjadi prioritas perbaikan yaitu komponen *bearing*, komponen kelahar *conveyor* dan *hammermill* tersumbat.

##### 4.2 Pengujian Distribusi dan Penentuan Parameter

*Time to Failure* (TTF) merupakan interval waktu antar kerusakan yang dihitung dari selisih antara waktu mesin atau komponen selesai diperbaiki sampai dengan waktu kerusakan mesin atau komponen berikutnya. Sedangkan *Time to Repair* (TTR) adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan terhadap mesin atau komponen yang mengalami masalah atau kerusakan sampai mesin atau komponen tersebut dapat beroperasi dengan baik. Ada empat macam jenis distribusi yang umum digunakan untuk data kerusakan. Empat macam jenis distribusi tersebut antara lain distribusi *Weibull*, Eksponensial, Normal dan Lognormal. Pengujian distribusi dan penentuan parameter untuk masing-masing komponen kritis mesin menggunakan *Software Easyfit 5.6 Professional*. Tabel 4.1 menunjukkan hasil rekapitulasi uji distribusi dan parameter dengan *Software Easyfit 5.6 Professional*. Tabel 4.2 merupakan tabel rekapitulasi dari pola distribusi data waktu perbaikan (TTR) dan juga parameternya.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Uji Distribusi dan Parameter TTF

No	Komponen	PolaDistribusi	Parameter
1	Corong Mesin Breaker Tersumbat	Normal	$\mu=74,5$ $\sigma=130,0$
2	Gear Kecil	Weibull	$\alpha=2,3$ $\beta=627,0$ $\gamma=556$
3	Kelahar	Normal	$\mu=179,0$ $\sigma=727,0$
4	Bearing	Normal	$\mu=208,0$ $\sigma=398,0$
5	Kelahar Conveyor	Weibull	$\alpha=2,22$ $\beta=518,0$ $\gamma=459$
6	Hammermill Tersumbat	Weibull	$\alpha=1,48$ $\beta=221,0$ $\gamma=200$

(Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Tabel 4.2 Rekapitulasi Uji Distribusi dan Parameter TTR

No	Kerusakan Mesin	PolaDistribusi	Parameter
1	Corong Mesin Breaker Tersumbat	Normal	$\mu=0,088$ $\sigma=0,359$
2	Gear Kecil	Normal	$\mu=0,215$ $\sigma=1,73$
3	Kelahar	Normal	$\mu=0,16$ $\sigma=1,31$
4	Bearing	Normal	$\mu=0,222$ $\sigma=1,64$
5	Kelahar Conveyor	Normal	$\mu=0,297$ $\sigma=1,27$
6	Hammermill tersumbat	Normal	$\mu=0,041$ $\sigma=0,435$

(Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Dari tabel diatas dapat diketahui rekapitulasi distribusi dari data TTR komponen mesin dan juga parameternya dimana parameter tersebut dibutuhkan dalam membangkitkan bilangan acak.

### 4.3 Usulan Preventive Maintenance

Usulan *preventive maintenance* dalam kajian penelitian ini mencegah terjadinya breakdown (kerusakan) yang terjadi secara tiba-tiba. Langkah selanjutnya menghitung *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) pada komponen kritis sesuai dengan distribusi yang terpilih. MTTF sering disebut rata-rata kerusakan komponen yang hanya digunakan pada komponen yang sering mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen yang baru atau baik. Sedangkan MTTR adalah waktu rata-rata perbaikan komponen mesin tersebut.

Berikut ini contoh perhitungan MTTF dan MTTR dari data komponen kritis mesin *breaker* dan mesin *hammermill*.

#### 1. Komponen Gear Kecil

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \mu \Gamma \left[ 1 + \frac{1}{\sigma} \right] \\ &= (556) \Gamma \left[ 1 + \frac{1}{2,3} \right] \\ &= (556) \Gamma [1,44] \\ &= (556) (0,886) \\ &= 492,616 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \mu \\ &= 1,73 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Rekapitulasi Waktu Rata-Rata Kerusakan Komponen Kritis

No	Kerusakan Mesin	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)
1.	Gear Kecil	492,616	1,31
2.	Kelahar	727,0	1,27
3.	Bearing	398,0	1,73
4.	Kelahar Conveyor	406,674	1,64

(Sumber : Pengolahan Data, 2016)

### 4.4 Simulasi Monte Carlo

#### 4.4.1 Pembangkitan Skenario Perawatan Komonen Kritis Mesin Breaker dan Mesin Hammermill

Langkah yang dilakukan selanjutnya adalah menentukan skenario perawatan untuk masing-masing komponen kritis mesin *breaker* dan mesin *hammermill*. Skenario perawatan ini akan disimulasikan untuk mengetahui jenis perawatan dan interval penggantian yang tepat untuk masing-masing komponen kritis. Skenario perawatan yang diusulkan ada 2, seperti pada table 4.4.

Tabel 4.4 Skenario Perawatan Untuk Masing-Masing Komponen Kritis

Komponen	Skenario 1	Skenario 2 (Jam)
Gear Kecil	Corrective Maintenance	tp = MTTF = 492,616
Kelahar	Corrective Maintenance	tp = MTTF = 727,0
Bearing	Corrective Maintenance	tp = MTTF = 398,0
Kelahar Conveyor	Corrective Maintenance	tp = MTTF = 406,674

(Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Pada skenario 1, komponen kritis diganti ketika mengalami kerusakan secara tiba-tiba (*corrective maintenance*). Untuk skenario 2, komponen kritis diganti sesuai dengan nilai MTTF dari komponen kritis mesin.

#### 4.4.2 Pembangkitan Bilangan Acak TTF dan TTR Komponen Kritis Mesin Breaker dan Mesin Hammermill

Pembangkitan bilangan acak ini bertujuan untuk menghasilkan nilai-nilai yang mempunyai distribusi setara dengan populasi data TTF dan TTR komponen kritis mesin *breaker* dan mesin *hammermill* yang sebenarnya. Pembangkitan bilangan acak ini dilakukan dengan

bantuan *Software Easyfit 5.6 Professional*. Tabel 4.5 ini merupakan hasil pembangkitan bilangan acak TTF sebanyak 50 *sample size*.

Tabel 4.5 Pembangkitan Bilangan Acak TTF

No.	Waktu Menuju Kerusakan (TTF)			
	Kerusakan Mesin <i>Breaker</i> (Jam)		Kerusakan Mesin <i>Hammermill</i> (Jam)	
	Gear Kecil	Kelahir	<i>Bearing</i>	Kelahir <i>Conveyor</i>
1	693,86	1006,70	692,65	521,47
2	388,41	452,02	193,03	544,34
3	521,09	814,52	353,36	1014,17
4	492,16	946,14	541,14	983,25
5	462,57	956,20	306,41	382,68
6	868,63	561,08	332,06	295,87
7	651,06	733,14	575,85	297,47
8	145,39	661,71	502,14	330,53
9	613,08	530,32	964,10	703,69
10	410,53	721,22	310,54	332,09
...	.....	.....	.....	.....
40	367,90	910,27	553,63	447,48
41	852,72	900,96	344,30	461,27
42	441,39	854,82	666,07	254,49
43	450,17	685,71	254,44	324,15
44	285,83	752,80	543,34	499,47
45	1192,33	822,35	91,95	491,08
46	391,54	881,02	183,14	357,63
47	819,96	491,13	182,83	619,20
48	626,88	732,17	411,60	655,99
49	490,01	857,76	66,50	1208,96
50	610,69	954,95	184,60	464,53

(Sumber: *Pengolahan Data, 2016*)

Tabel 4.6 Pembangkitan Bilangan Acak TTR

No.	Waktu Menuju Kerusakan (TTR)			
	Kerusakan Mesin <i>Breaker</i> (Jam)		Kerusakan Mesin <i>Hammermill</i> (Jam)	
	Gear Kecil	Kelahir	<i>Bearing</i>	Kelahir <i>Conveyor</i>
1	1,31	1,48	1,77	1,97
2	1,13	0,94	1,72	1,13
3	1,41	1,69	1,72	1,47
4	1,34	1,57	2,01	1,83
5	1,04	1,79	1,78	1,98
6	1,14	1,46	1,65	1,34
...	.....	.....	.....	.....
40	1,33	1,09	1,59	1,74
41	1,38	1,23	2,01	1,56

42	1,72	1,47	1,38	1,80
43	1,29	0,75	1,50	1,99
44	1,35	1,38	1,76	1,72
45	1,20	1,17	1,80	1,36
46	1,25	1,18	1,78	1,55
47	1,20	1,19	1,76	1,60
48	1,28	1,46	1,96	1,84
49	1,28	1,30	1,99	1,67
50	1,63	1,08	2,09	1,36

(Sumber: Pengolahan Data, 2016)

#### 4.4.3 Validasi Data Pembangkitan Bilangan Acak TTF dan TTR Komponen Kritis Mesin Breaker dan Mesin Hammermill

Langkah selanjutnya adalah menilai validitas data TTF dan TTR yang telah dibangkitkan dengan uji kesamaan dua rata-rata. Setelah data TTF dan TTR komponen kritis mesin *breaker* dan mesin *hammermill* hasil dari pembangkitan bilangan acak diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menilai validitas data TTF dan TTR yang telah dibangkitkan.

Untuk menilai validitas data TTF dan TTR hasil pembangkitan bilangan acak, maka dilakukan uji kesamaan dua rata-rata. Uji kesamaan dua rata-rata ini dilakukan pada masing-masing komponen kritis.

##### 1. Komponen gear kecil

###### a. Formulasi hipotesis:

$H_0$  : Rata-rata nilai TTF komponen gear kecil sistem riil = rata-rata nilai TTF komponen gear kecil hasil pembangkitan bilangan acak.

$H_1$  : Rata-rata nilai TTF komponen gear kecil sistem riil  $\neq$  rata-rata nilai TTF komponen gear kecil hasil pembangkitan bilangan acak.

###### b. Penentuan nilai $\alpha$ (taraf nyata) dan nilai $t_{tabel}$ :

$\alpha$  = 0,05

df = 53

$t_{tabel}$  =  $t_{\alpha, df-2}$   
=  $t_{0,05, 51}$   
= 2,008

###### c. Kriteria pengujian:

$H_0$  diterima jika  $-t_{tabel} \leq t_{hitung} < t_{tabel}$

$H_0$  ditolak jika  $t_{hitung} < -t_{tabel}$  atau  $t_{hitung} > t_{tabel}$

###### d. Uji statistik:

Pengujian statistik persamaan dua rata-rata ini menggunakan *Software* SPSS 16.0, Hasil pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Group Statistics TTF Gear Kecil

	Kondisi	N	Mean	Std. Deviation
TT	Real	5	7.4620E2	488.61099
	F	50	5.3820E2	264.89451

(Sumber: Pengolahan Data, 2016)

###### e. Penarikan kesimpulan

Dari hasil pengujian pada SPSS 16.0 didapatkan hasil,  $-t_{tabel} \leq t_{hitung} < t_{tabel}$  ( $-2,008 \leq 1,540 < 2,008$ ), maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima, yaitu rata-rata nilai TTF



komponen *gear* kecil sistem riil sama dengan rata-rata nilai TTF komponen *gear* kecil hasil pembangkitan bilangan acak.

Rekapitulasi hasil uji kesamaan dua rata-rata data TTF bilangan acak dan TTF kondisi riil dengan menggunakan *Software* SPSS 16.0 ditunjukkan pada table 4.8 dan rekapitulasi hasil pengolahan SPSS 16.0 terhadap Data TTR hasil pembangkitan bilangan acak dan kondisi riil ditunjukkan pada table 4.9.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Uji Validitas Data TTF Bilangan Acak dan Riil

No.	Komponen Mesin	T <sub>hitung</sub>	T <sub>tabel</sub>	Hasil
1	<i>Gear</i> Kecil	1,540	2,008	Terima H <sub>0</sub>
2	Kelahar	-0,747	2,008	Terima H <sub>0</sub>
3	<i>Bearing</i>	0,335	2,003	Terima H <sub>0</sub>
4	Kelahar <i>Conveyor</i>	-0,450	2,004	Terima H <sub>0</sub>

(Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Tabel 4.9 Rekapitulasi Uji Validitas Data TTR Bilangan Acak dan Riil

No.	Komponen Mesin	T <sub>hitung</sub>	T <sub>tabel</sub>	Hasil
1	<i>Gear</i> Kecil	-0,083	2,007	Terima H <sub>0</sub>
2	Kelahar	-0,204	2,007	Terima H <sub>0</sub>
3	<i>Bearing</i>	-0,329	2,003	Terima H <sub>0</sub>
4	Kelahar <i>Conveyor</i>	-0,123	2,003	Terima H <sub>0</sub>

(Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Berdasarkan tabel 4.8 dan 4.9, diketahui bahwa secara keseluruhan rata rata data TTF dan TTR dari hasil bilangan acak sama dengan rata-rata data TTF dan TTR dari kondisi *real*, dan hasil dari pembangkitan acak dapat digunakan dalam menjalankan simulasi *monte carlo*.

#### 4.4.4 Simulasi Penjadwalan *PreventiveMaintenance* Mesin Berdasarkan Skenario Perawatan Usulan

Simulasi perawatan pada komponen kritis mesin berdasarkan skenario perawatan yang telah ditetapkan sebelumnya, bertujuan untuk mengetahui jumlah kerusakan, dan total *downtime* yang akan digunakan sebagai dasar pertimbangan pemilihan jenis perawatan dan interval waktu penggantian yang tepat untuk masing-masing komponen kritis.

Simulasi perawatan pada komponen kritis mesin *breaker* dan mesin *hammermill* berdasarkan skenario perawatan bertujuan untuk mengetahui jumlah kerusakan, total *downtime*, yang akan digunakan sebagai dasar pertimbangan pemilihan jenis perawatan dan interval waktu penggantian yang tepat untuk masing-masing komponen kritis. Simulasi ini dilakukan selama 4.382 jam untuk masing-masing skenario perawatan komponen kritis. Rekapitulasi rata-rata jumlah perawatan dan total *downtime* hasil simulasi kerusakan komponen kritis untuk masing-masing skenario yang diusulkan dapat dilihat di tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Simulasi Jumlah Perawatan dan Total *Downtime* Komponen Kritis Mesin *Breaker* dan Mesin *Hammermill*

		TP		TDt (Jam)	
		CM	PM	CM	PM
<i>Gear</i> Kecil	Skenario 1	8	-	9,98	-
	Skenario 2	-	5	-	6,64
Kelaha	Skenario 1	5	-	7,47	-
	Skenario 2	-	5	-	5,39
<i>Bearing</i>	Skenario 1	8	-	13,65	-
	Skenario 2	-	6	-	10,68
Kelahar <i>Conveyor</i>	Skenario 1	7	-	11,39	-
	Skenario 2	-	6	-	10,2

Keterangan: TP = Total Perawatan  
TDt = Total Downtime  
CM = Corrective Maintenance  
PM = Preventive Maintenance

## 5. Kesimpulan

- a. Berdasarkan hasil pengolahan data terdapat 2 *unit critical machines*, yaitu mesin *breaker* dan mesin *hammermill*. Berdasarkan prioritas perbaikan kerusakan mesin maka didapatkan pada mesin *breaker* terdapat 3 jenis kerusakan yang mengalami *downtime* yang lama yaitu, corong mesin *breaker* tersumbat, gear kecil mesin rusak, dan kelahar mesin rusak. Pada mesin *hammermill* terdapat 3 jenis kerusakan yang mengalami *downtime* yang lama yaitu, *bearing* rusak, kelahar *conveyor* rusak dan *hammermill* tersumbat.
- b. Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui perawatan yang tepat untuk kerusakan corong mesin *breaker* dan mesin *hammermill* tersumbat yaitu *corrective maintenance* dan berdasarkan hasil perhitungan MTTF dan MTTR diketahui, waktu penggantian komponen kritis mesin *breaker* yaitu, gear kecil 492,616 jam; kelahar 727 jam. Pada mesin *hammermill* yaitu *bearing* setiap 398 jam; kelahar *conveyor* 406,674 jam.
- c. Berdasarkan hasil simulasi *monte carlo* diketahui bahwa, Untuk menerapkan strategi perawatan yang tepat, maka dilakukan simulasi perawatan dari skenario yang diusulkan. Usulan skenario yang disimulasikan ada 2, yaitu *correctivemaintenance* dan *preventive maintenance*. Berdasarkan hasil simulasi diketahui strategi perawatan yang tepat untuk meminimasi *downtime* yaitu skenario 2 – *preventive maintenance*

## Referensi

- [1] Andriilia, Dian. Tama dan Rahman. *Strategi Perawatan pada Mesin Las Mig di Industri Karoseri Kendaraan Niaga dengan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus: PT. Adi Putro Wirasejati Malang)*. Jurnal Teknik Industri – Universitas Brawijaya. Malang. 2012.
- [2] Ansori, Nachnul dan Mustajib. *Sistem Perawatan Terpadu(Integrated Maintenance System)*. Edisi Pertama – Graha Ilmu. Yogyakarta. 2013.
- [3] Asisco, Hendro. Amar. dan Perdana., *Usulan PerencanaanPerawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Perkebunan Nusantara VII (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim*. Jurnal Teknik Industri – Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta. 2012.
- [4] Darmo, Suryo., *Manajemen Perawatan dan Pemeliharaan Mesin Industri*. e-book Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 2009.
- [5] Handoko, T., Hani., *Manajemen Personalial dan Perusahaan*. 1994.
- [6] Hasriyono, Miko., *Evaluasi Efektivitas dengan Penerapan Total Produktive Maintenance (TPM) Di PT. Hadi Baru*. Skripsi Fakultas Teknik – Universitas Sumatra Utara. Medan. 2009.
- [7] Kurniawan, Fajar. *Manajemen Perawatan Industri*. Edisi Pertama, Yogyakarta; Graha Ilmu, 2013.
- [8] Nadinastiti. *Metode Monte Carlo*. Jurnal Sekolah Teknik Elektro dan Informatika – Institut Teknologi Bandung. 2010.
- [9] Sayuti, M. Muhammad, dan Rifa'i., *Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin dengan Menggunakan Metode Reliability Cenered Maintenance Pada PT. Z*. Jurnal Teknik Industri. Vol. 2, No. 1, ISSN : 2302 – 934X. Universitas Malikussaleh. Aceh. 2013.
- [10] Widyaningsih, Sri Astuti., *Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Skripsi Fakultas Teknik – Universitas Indonesia. Depok. 2011.