Usulan Strategi Perawatan Mesin *Breaker* dan Mesin *Hammermill* di PT. P&P Bangkinang

Wresni Anggraini[1], Dita Febrilia Ramadani[2]
[1,2] Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
E-mail: wresni_anggraini @ymail.com

ABSTRAK

PT. P & P Bangkinang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam pengolahan karet PT. P & P Bangkinang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam pengolahan karet mentah menjadi barang setengah jadi (*Crumb Rubber*) yang diekspor keluar negeri. Perusahaan ini menghadapi permasalahan berupa *downtime* mesin yang menyebabkan tindakan perawatan komponen dengan total biaya sebesar Rp. 236.974.518,-/tahun. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah menentukan strategi perawatan mesin *breaker* dan mesin *hammermill* yang menghasilkan biaya minimum dengan metode proyeksi biaya perawatan berdasarkan nilai MTTF dan MTTR. Hasil yang diperoleh dari perhitungan biaya perawatan adalah komponen yang menggunakan biaya perawatan secara *corrective maintenance* sebesar Rp. 84.787.237,-/tahun. Sedangkan biaya perawatan secara *preventive maintenance* sebesar Rp. 29.644.961,-/tahun. Strategi yang tepat adalah strategi penggabungan antara *Corrective Maintenance* dan *Preventive Maintenance* dengan menghasilkan biaya sebesar Rp. 157.154.298,-/tahun lebih kecil dibandingkan dengan biaya kondisi eksisting perusahaan.

Kata kunci: Biaya Perawatan, MTTF, MTTR, Perawatan

ABSTRACT

PT. P & P Bangkinang is a company specializing in the processing of raw rubber into semi-finished products (Crumb Rubber) have been exported out of the country. The company faces problems such as the one caused maintenance action component of machine downtime with a total cost of Rp. 236,974,518, - / year. The objective of the research is to determine the processing strategy and machine of the hammermill cutting machine that produces the minimum cost with the method of projection of maintenance costs as a function of the value of MTTF and MTTR. The results obtained from the calculation of the cost of care is a component that uses the corrective maintenance maintenance costs Rp. 84,787,237, - / year. While the cost of care in Rp preventive maintenance. 29.644.961, - / year. The right strategy is the strategy of merging Corrective Maintenance and Preventive Maintenance by generating Rp costs 157 154 298, - / year less than the cost of the current state of the company.

Keywords: *Maintenance, Maintenance Cost, MTTF, MTTR*

Pendahuluan

Mesin-mesin produksi merupakan faktor produksi yang berfungsi mengkonversi bahan baku menjadi bahan setengah jadi atau bahan jadi. Mesin merupakan pesawat pengubah energi yang beroperasi berdasarkan prinsip-prinsip logis, rasional dan matematis. Kebutuhan produktivitas yang lebih tinggi serta meningkatnya keluaran mesin pada tahun-tahun terakhir ini telah mempercepat perkembangan otomatisasi. Hal ini pada gilirannya memperbesar kebutuhan akan fungsi pemeliharaan (*maintenance*) mesin-mesin tersebut, selain karena mesin-mesin tersebut cenderung terus mengalami kelusuhan sehingga diperlukan reparasi atau perbaikan (Iswanto, 2008).

Terhentinya suatu proses di lantai produksi seringkali disebabkan adanya masalah dalam fasilitas produksi, misalnya kerusakan-kerusakan mesin yang tidak terdeteksi selama proses produksi

berlangsung yang mengakibatkan terhentinya proses. Hal ini tentunya sangat merugikan pihak perusahaan karena selain dapat menurunkan tingkat kepercayaan konsumen juga mengakibatkan adanya biaya-biaya yang harus dikeluarkan akibat kerusakan itu (Octavia, 2001).

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 terdahulu (Aditia, 2016) pada PT. P & P Bangkinang, mesin yang sering mengalami kerusakan adalah mesin *Breaker* dan mesin *Hamermill*. Rusaknya mesin akan menghentikan aktivitas produksi selama beberapa saat, dan berdampak pada menganggurnya pekerja dan mesin (*idle time*) sehingga perusahaan harus mengeluarkan biaya untuk mengatasinya. Hal ini jelas merugikan perusahaan, mengingat target produksi yang harus dicapai oleh perusahaan. Berikut ini merupakan data kehilangan waktu produksi (*downtime*) mesin *breaker* dan mesin *hammermill* pada PT P & P Bangkinang:

Tabel 1. Data *Downtime* Mesin *Breaker* dan Mesin *Hammermill* Tahun 2015

Bln	Hari Kerja per Bulan	Jam Kerja per Hari	*Machine Break* (Jam)	*Planned Downtime*		*Down time* (Jam)
				Warm up (Jam)	*Setup Time* (Jam)	
Jan	22	8	10,65	8,91	6,83	26,39
Feb	19	8	4,95	7,92	6,22	19,09
Mar	22	8	7,89	8,58	6,92	23,39
Apr	20	8	6,81	8,58	6,63	22,02
Mei	19	8	3,28	7,90	5,72	16,90
Juni	22	8	8,02	8,58	7,73	24,33
Juli	23	8	11,98	8,91	6,79	27,68
Agust	20	8	5,04	8,58	6,58	20,20
Sept	22	8	6,47	8,58	7,48	22,53
Okt	22	8	7,63	8,91	6,84	23,38
Nov	21	8	10,87	8,58	7,61	27,06
Des	21	8	10,64	8,91	7,23	26,78
Total	253	96	94,23	102,94	82,58	279,75

Sumber: Data PT. P & P Bangkinang (2015)

Kerusakan mesin atau peralatan (*Equipment Failure Breakdowns*) mengakibatkan berkurangnya volume produksi. Pada saat terjadi kerusakan, mengakibatkan berkurangnya *output* yang dihasilkan perusahaan karena mesin tidak berproduksi, sehingga target produksi perusahaan tidak tercapai dan waktu menganggur karyawan menjadi lebih banyak berujung pada biaya yang harus dikeluarkan perusahaan menjadi meningkat.

Tindakan perawatan pada mesin *Breaker* dan *Hamermill* harus dilakukan agar menjaga kondisi mesin dan komponen dalam keadaan baik dan dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya sehingga target produksi dapat dicapai perusahaan seoptimal mungkin. Berikut ini merupakan data produksi dan target perusahaan di PT. P & P Bangkinang:

Tabel 2. Produksi *Crumb Rubber* SIR-10 dan SIR-20 Tahun 2015

Bln	Produksi *Crumb Rubber* (Kg)		Total Produksi	Target Perus per Bulan	Ketercapaian Target Produksi
	SIR-10	SIR-20			
Jan	60.120	1.022.970	1.082.970	1.200.000	(-) 117.030
Feb	2.520	950.470	952.990	1.200.000	(-) 247.010
Mar	115.460	1.215.440	1.330.900	1.500.000	(-) 169.100
Apr	64.260	1.127.168	1.191.428	1.500.000	(-) 308.572
Mei	189.000	1.166.180	1.355.180	1.500.000	(-) 144.820
Juni	120.960	1.065.330	1.186.290	1.400.000	(-) 213.710

Sumber: Data PT. P & P Bangkinang (2015)

Tabel 3. Produksi *Crumb Rubber* SIR-10 dan SIR-20 Tahun 2015

Bln	Produksi *Crumb Rubber* (Kg)		Total Produksi	Target Perusahaan per Bulan	Ketercapaian Target Produksi
	SIR-10	SIR-20			
Juli	49.140	1.091.630	1.140.770	1.400.000	(-) 259.230
Agust	55.440	895.230	950.670	1.200.000	(-) 249.330
Sept	100.800	912.120	1.012.920	1.200.000	(-) 187.080
Okt	138.600	1.258.740	1.397.340	1.500.000	(-) 102.660
Nov	2.520	969.750	972.270	1.200.000	(-) 227.730
Des	13.480	955.330	968.810	1.200.000	(-) 231.190
Total	852.180	12.690.358	13.542.538	16.000.000	(-) 2.457.462
Prdktvitas	86,33%				

Sumber: Data PT. P & P Bangkinang (2015)

Dari Tabel 3 dapat dilihat target produksi dari bulan Januari sampai Desember masih belum mencapai target yang diinginkan perusahaan. Maka dari itu, untuk mempertahankan maupun meningkatkan hasil produksinya, perusahaan harus melakukan perawatan mesin untuk menghindari kerusakan dini pada komponen. Berdasarkan penelitian terdahulu (Aditia, 2016), berikut merupakan skenario perawatan untuk masing-

masing komponen yang sering mengalami kerusakan:

Tabel 4. Skenario Perawatan Untuk Masing-Masing Komponen Kritis

Komponen	Kondisi Aktual (*Corrective Maintenance*)		Kondisi Usulan (*Preventive Maintenance*)	
	MTTF	*Reliability*	MTTF	*Reliability*
Gear Kecil	556 Jam	63,27 %	492,62 Jam	43 %
Kelahar	727 Jam	20,85 %	727 Jam	68,04 %
Bearing	398 Jam	50,57 %	398 Jam	58,50 %
Kelahar *Conveyor*	459 Jam	52,19 %	406,67 Jam	62,83 %

Sumber: Pengolahan Data (2016)

Pada kondisi aktual, nilai MTTF dari komponen kritis mesin diganti ketika mengalami dan untuk kondisi usulan, komponen kritis diganti sesuai waktu berdasarkan nilai MTTF dari komponen kritis. Dapat dilihat dari nilai MTTF komponen kritis mesin diatas bahwa kerusakan komponen rata-rata terjadi pada saat komponen mesin sudah lama digunakan dan diperlukan pergantian komponen.

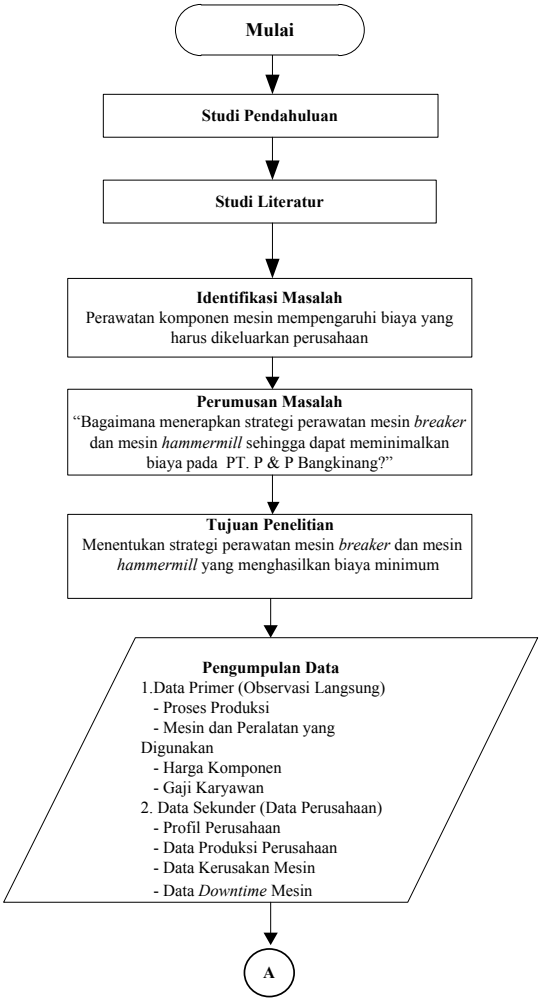
Ini dibuktikan dari hasil persentase reliabilitas masing-masing komponen kritis diatas, dapat dilihat kehandalan dari komponen *Gear* kecil pada kondisi aktual sebesar 63,27 % hal tersebut menandakan bahwa tingkat kehandalan komponen sudah mulai menurun, sementara, pada kondisi usulan tingkat kehandalan komponen sebesar 43 %. Dapat disimpulkan bahwa pergantian komponen *Gear* kecil akan lebih optimal jika dilakukan pada saat kondisi aktual (*Corrective Maintenance*) karena memiliki tingkat kehandalan tertinggi pada saat dilakukan pergantian komponen. Berbeda dengan perbandingan tingkat kehandalan kelahar, *Bearing* dan Kelahar *Conveyor* pada kondisi aktual dan kondisi usulan yang akan lebih optimal jika dilakukan pergantian komponen pada saat kondisi usulan (*Preventive Maintenance*).

Tindakan pergantian komponen dilakukan pada dua kondisi yaitu kondisi pergantian ketika terjadinya kerusakan dan pergantian sebelum timbul kerusakan. Tindakan pergantian komponen ini tentu menimbulkan biaya bagi perusahaan, yaitu biaya pergantian ketika terjadi kerusakan dan biaya pergantian sebelum timbulnya kerusakan.

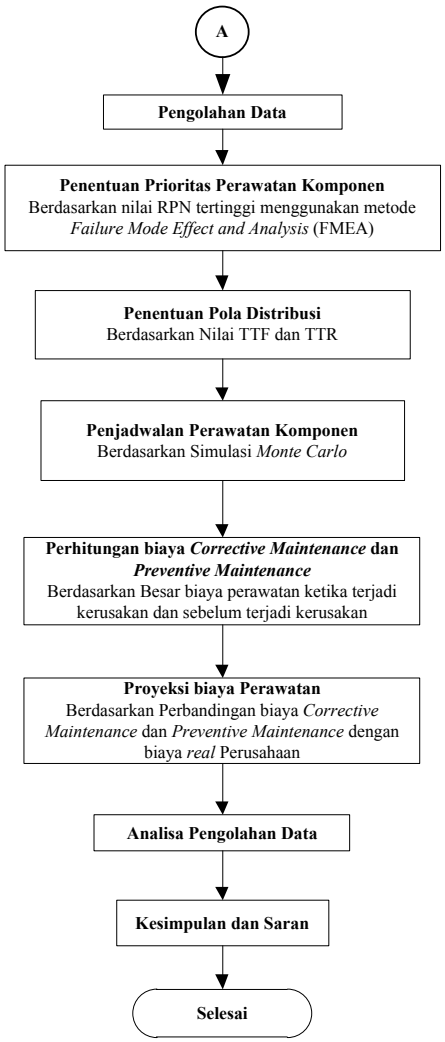
Berdasarkan latar belakang diatas, pada saat dilakukan *Preventive Maintenance* dengan jadwal yang telah ditentukan, maka dapat disimpulkan, komponen *Gear* kecil akan dilakukan pergantian komponen secara langsung (*Corrective Maintenance*) dan untuk komponen kelahar, *Bearing* dan Kelahar *Conveyor* akan dilakukan pergantian komponen pada waktu yang ditentukan (*Preventive Maintenance*). Pergantian komponen-komponen ini akan berhubungan dengan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan, dengan adanya perhitungan biaya perawatan, maka dapat diketahui jumlah biaya yang dikeluarkan untuk perawatan. Oleh karena itu, penulis melakukan proyeksi biaya perawatan untuk menentukan perawatan mesin *Breaker* dan *Hammermill* yang tepat, efektif dan ekonomis, dengan membandingkan biaya *Corrective Maintenance* dengan *Preventive Maintenance* berdasarkan pada skenario perawatan pada setiap komponen.

Metode Penelitian

Metodologi penelitian merupakan tahapan-tahapan yang dilalui peneliti mulai dari pengumpulan data sampai dengan penarikan kesimpulan yang membentuk sebuah alur yang sistematis. Tahapan penelitian dipaparkan pada *flowchart* dibawah ini:



Gambar 1. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Metodologi Penelitian (Lanjutan)

Hasil dan Pembahasan

Penentuan Prioritas Perawatan Komponen

Penentuan prioritas perawatan komponen dengan menggunakan FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*) berdasarkan hasil nilai RPN tertinggi dengan mengidentifikasi model-model kegagalan, menentukan akibat dari kegagalan dan menentukan tindakan yang dilakukan untuk mengatasi kegagalan tersebut

Penentuan Pola Distribusi

Pengujian distribusi dan penentuan parameter menggunakan data TTF dan TTR dari komponen mesin. *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.

Tabel 5. Rekapitulasi Uji Distribusi dan Parameter TTF

No	Komponen	Pola Distribusi
1	Pisau Rotor	*Lognormal*
2	Pisau Duduk	*Weibull*
3	*Gear* Kecil	*Lognormal*
4	Kincir Pendayung	*Weibull*
5	Rantai *Conveyor*	*Weibull*
6	Kelahar	*Lognormal*
7	Gigi Besar	*Weibull*
8	Corong Mesin	*Lognormal*
9	Baut Kap	*Normal*
10	*Conveyor* Mesin	*Lognormal*
11	Pisau Rotor	*Lognormal*
12	Pisau Duduk	*Weibull*
13	Dinamo Pendayung	*Weibull*
14	Rantai Pendayung	*Weibull*
15	Kelahar *Conveyor*	*Exponential*
16	Pompa Air Aorot	*Weibull*
17	*Hammermill* Inti	*Lognormal*
18	Rantai *Conveyor*	*Normal*
19	*Bearing*	*Weibull*
20	*Conveyor Hammermill*	*Weibull*

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 6. Rekapitulasi Uji Distribusi dan Parameter TTR

No	Kerusakan Mesin	Pola Distribusi
1	Pisau Rotor	*Weibull*
2	Pisau Duduk	*Normal*
3	*Gear* Kecil	*Weibull*
4	Kincir Pendayung	*Normal*

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 6. Rekapitulasi Uji Distribusi dan Parameter TTR (lanjutan)

No	Kerusakan Mesin	Pola Distribusi
5	Rantai *Conveyor*	*Lognormal*
6	Kelahar	*Normal*
7	Gigi Besar	*Weibull*
8	Corong Mesin	*Weibull*
9	Baut Kap	*Normal*
10	*Conveyor* Mesin	*Weibull*
11	Pisau Rotor	*Weibull*
12	Pisau Duduk	*Normal*
13	Dinamo Pendayung	*Normal*
14	Rantai Pendayung	*Weibull*
15	Kelahar *Conveyor*	*Weibull*
16	Pompa Air Aorot	*Normal*
17	*Hammermill* Inti	*Normal*
18	Rantai *Conveyor*	*Normal*
19	*Bearing*	*Normal*
20	*Conveyor Hammermill*	*Weibull*

Sumber: Pengolahan Data (2017)

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

Penjadwalan Perawatan Komponen

Simulasi *Monte Carlo* dikenal juga dengan istilah *Sampling Simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. Model simulasi *Monte Carlo* merupakan bentuk simulasi pobabilistik dimana solusi dari suatu masalah diberikan proses randomisasi (acak). Bilangan acak digunakan untuk menjelaskan kejadian acak setiap waktu dari variabel acak dan secara berurutan mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses simulasi.

Tabel 7. Rekapitulasi Total Perawatan dan Total *Downtime*

Komponen	Kondisi Awal		Kondisi *Corrective*		Kondisi *Preventive*	
	Frek.	Dt (Jam)	Frek.	Dt (Jam)	Frek.	Dt (Jam)
Pisau Rotor	37	47	12	19,54	5	7,65
Pisau Duduk	23	29,5	9	10,99	3	2,84
Gear Kecil	10	8,5	5	3,99	1	0,66
Kincir Pendayung	4	5	1	0,36	-	-
Rantai *Conveyor*	5	6	3	2,28	1	0,78
Kelahar	8	10,5	5	5,36	1	1,20
Gigi Besar	18	23,5	7	9,68	2	2,74
Corong Mesin	19	22,5	1	0,98	2	2,53
Baut Kap	4	5	1	1,02	1	1,50
Conveyor Mesin	15	17,5	9	9,81	1	0,59
Pisau Rotor	30	35	11	13,77	5	6,24
Pisau Duduk	18	21	4	6,81	5	5,29
Dinamo Pendayung	10	14	6	8,24	3	5,74
Rantai Pendayung	18	23,5	14	20,71	-	-
Kelahar *Conveyor*	11	15	5	9,39	2	4,08
Pompa Air Aorot	8	7,5	9	9,27	7	8,20
Hammermill Inti	14	17,5	2	2,32	2	2,32
Rantai *Conveyor*	6	6	1	0,34	1	0,85
Bearing	6	8	1	1,85	4	3,63
Conveyor Hammermill	4	5	1	1,14	2	1,98
Total	268	327,5	107	137,5	48	58,82

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Perhitungan Total Biaya Perawatan

1. Corong Mesin (*Corrective Maintenance*)

$$C_{CM} = WH\frac{MTTR + T_T^C}{MTBF}$$
$$= (1)(1.992)\frac{1{,}18 + 0{,}98}{72{,}36}$$
$$= 59{,}46$$

2. Pisau Rotor (*Preventive Maintenance*)

$$C_{PM} = WH\frac{T_R^P + T_T^P}{T_I^P}$$
$$= (5)(1.992)\frac{1,27+1,53}{236,66}$$
$$= 117,83$$

3. Pisau Duduk (*Preventive Maintenance*)

$$C_{PM} = WH\frac{T_R^P + T_T^P}{T_I^P}$$
$$= (200.000\times 3)(1.992)\frac{1,28+0,94}{328,18}$$
$$= \text{Rp.}600.013,-$$

4. Pisau Rotor (*Preventive Maintenance*)

$$C_{PM} = WH\frac{T_R^P + T_T^P}{T_I^P}$$
$$= (5)(1.992)\frac{1,16+1,24}{261,20}$$
$$= \text{Rp. } 91,51,-$$

5. Pisau Duduk (*Preventive Maintenance*)

$$C_{PM} = WH\frac{T_R^P + T_T^P}{T_I^P}$$
$$= (200.000\times 5)(1.992)\frac{1,16+1,08}{418,21}$$
$$= \text{Rp. } 10.669.472,-$$

6. Dinamo (*Preventive Maintenance*)

$$C_{PM} = WH\frac{T_R^P + T_T^P}{T_I^P}$$
$$= (150.000\times 3)(1.992)\frac{1,4+1,91}{356,54}$$
$$= \text{Rp. } 8.321.882,-$$

Tabel 8. Rekapitulasi Biaya Perawatan masing-masing komponen

Komponen	**Kondisi terpilih**	**Biaya perawatan**
Pisau Rotor	*Preventive Maintenance*	Rp. 117,83.-
Pisau Duduk	*Preventive Maintenance*	Rp. 600.013,-
Gear Kecil	*Preventive Maintenance*	Rp. 671.071,-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

Tabel 9. Rekapitulasi Biaya Perawatan masing-masing komponen

Komponen	**Kondisi terpilih**	**Biaya perawatan**
Kincir Pendayung	*Corrective Maintenance*	Rp. 1,61.-
Rantai Conveyor	*Preventive Maintenance*	Rp. 514.943,-
Kelahar	*Preventive Maintenance*	Rp. 7,72.-
Gigi Besar	*Preventive Maintenance*	Rp. 4.594.441,-
Corong Mesin	*Corrective Maintenance*	Rp. 59,46.-
Baut Kap	*Corrective Maintenance*	Rp. 180.180,-
Conveyor Mesin	*Preventive Maintenance*	Rp. 6,88.-
Pisau Rotor	*Preventive Maintenance*	Rp. 91,51.-
Pisau Duduk	*Preventive Maintenance*	Rp. 10.669.472,-
Dinamo Pendayung	*Preventive Maintenance*	Rp.8.321.882,-
Rantai Pendayung	*Corrective Maintenance*	Rp. 83.676.083,-
Kelahar Conveyor	*Corrective Maintenance*	Rp. 18,45.-
Pompa Air Sorot	*Preventive Maintenance*	Rp. 83,75.-
Hammermill Inti	*Preventive Maintenance*	Rp. 4.272.813,-
Rantai Conveyor	*Corrective Maintenance*	Rp. 794.653,-
Bearing	*Corrective Maintenance*	Rp. 136.260,-
Conveyor Hammermill	*Corrective Maintenance*	Rp. 3,44.-

Sumber: Pengolahan Data (2017)

C_{SPI} = kebutuhan/tahun (D)= 48 unit
biaya pemesanan (S) = Rp. 100.000

biaya simpan (H) = 60% Rp. 1.900.000
= Rp. 1.140.000

harga persediaan (C) = Rp. 1.900.000

$$Qopt = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$
$$= \sqrt{\frac{2\,(48)(100.000)}{1.140.000}}$$
$$= \sqrt{8,42}$$
$$= 2,90$$

$$TIC = \frac{D}{Q}(S) + \frac{Q}{2}(H)$$
$$= \frac{48}{2}(Rp.100.000) + \frac{3}{2}(Rp.1.140.000)$$
$$= Rp.4.110.000$$

$$TC = \frac{D}{Q}(S) + \frac{Q}{2}(H) + DC$$
$$= \frac{48}{2}(Rp.100.000) + \frac{3}{2}(Rp.1.140.000) + (48)(Rp.1900.000)$$
$$= Rp.95.310.000$$

C_{SPI} = Rp. 1.985.625

$$M_C = C_{SPI} + C_{PM} + C_{CM}$$
$$= Rp.\ 42.058.340 + Rp.\ 29.644.961 + Rp.\ 84.787.237$$
$$= Rp.\ 166.490.538,-$$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data dan berdasarkan penetapan tujuan yang ingin dicapai maka, dapat disimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

Perhitungan biaya perawatan, komponen yang menggunakan biaya perawatan secara corrective maintenance adalah komponen corong mesin, kincir pendayung, baut kap, rantai hammermill, bearing dan conveyor memiliki total biaya perawatan secara corrective sebesar Rp. 84.787.237,-. Sedangkan perawatan secara preventive maintenance adalah pisau rotor breaker, pisau duduk breaker,gear kecil, rantai conveyor breaker, kelahar, gigi besar, conveyor breaker, pisau rotor hammermill, pisau duduk hammermill, dinamo pendayung, pompa air sorot dan hammermill inti memiliki total biaya perawatan secara preventive sebesar Rp. 29.644.961,-. Strategi yang tepat adalah strategi penggabungan antara Corrective Maintenance dan Preventive Maintenance dengan menghasilkan biaya sebesar Rp. 157.154.298,- lebih kecil dibandingkan dengan biaya kondisi eksisting perusahaan yaitu sebesar Rp. 236.974.518,-

Daftar Pustaka

Aditia, Arfan. "Simulasi *Monte Carlo* dalam Penerapan *Preventive Maintenance* pada Mesin *Breaker* dan Mesin *Hammermill* (Studi Kasus: PT. P&P Bangkinang)". *Tugas Akhir – Jurusan Teknik Industri, UIN SUSKA RIAU, Pekanbaru,* 2016

Andrilia, Dian., Tama, Ishardita Pambudi dan Rahman, Arif. "Strategi Perawatan pada Mesin Las Mig di Industri Karoseri Kendaraan Niaga dengan Simulasi *Monte Carlo* (Studi Kasus: PT. Adi Putro Wirasejati Malang)". *Tugas Sarjana - Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya, Malang,* 2014

Ansori, Nachnul dan Mustajib. "*Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*", Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013

Bustami, Bastian dan Nurlela. "*Akutansi Biaya Jilid 3*". Jakarta: Mitra Wacana Media. 2012

Cahyo, Winda Nur. "*Pendekatan Simulasi monte carlo untuk pemilihan alternatif dengan decision tree pada nilai outcome yang probabilistik*". Jurnal Teknoin Vol. 13, No, 2. Fakultas Teknologi Industri UII. 2008

Chrysler Corporation. "*Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*". USA: Ford Motor Company. 1995

Darmo, Suryo. "Manajemen Perawatan dan Pemeliharaan Mesin Indsutri". *Thesis – Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,* 2009

Ginting, Rosnani. "*Sistem Produksi*", Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007

Hanif, Richma Yulinda, dkk. "*Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT. X dengan menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)*". Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Vol. 3, No. 3. Teknik Industri ITENAS. 2015

Hasriyono, Miko. "Evaluasi Efektivitas Mesin dengan Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) di PT. Hadi Baru". *Tugas Sarjana – Departemen Teknik Industri*, *Universitas Sumatera Utara, Medan*, 2009

Hutagaol, Henry Joy. "Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan menggunakan metode *overall equipment effectiveness* di PT. Perkebunan Nusantara 3 Gunung

Para". *Tugas Sarjana – Departemen Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Medan,* 2009

Ireson, W.G dan Clyde F.Coombs. "*Handbook of Reliability Engineering and Management*". USA: McGraw-Hill. 1966

Iswanto, Apri Heri. "*Manajemen Pemeliharaan Mesin-Mesin Produksi*". Karya Tulis Fakultas Pertanian USU. 2008

Kurniawan, Fajar. " *Manajemen Perawatan Industri*". Yogyakarta: Graha Ilmu. 2013

Kusuma, Hendra. "*Perencanaan dan Pengendalian Produksi*". Yogyakarta: Andi Offset. 2001

Yoliwan, Joni Ekarilsoni, dkk. "*Analisis Kegagalan Operasi di Warehouse PT. VA dengan Failure Mode and Effect Analysis*". Prosiding Seminar Nasional Teknik dan Manajemen Industri UAJY. 2011

Yuhelson, dkk. "*Analisis Reliability dan Avaibility Mesin Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara 3*". Jurnal Dinamis Vol. 2, No. 6. Teknik Mesin USU. 2010

Octavia, Tanti, dkk. "*Implementasi Total Productive Maintenance Non Jahit PT. Kerta Rajasa Raya*". Jurnal Teknik Industri Vol. 3, No. 1. Teknik Industri Univ. Kristen Petra. 2001

Rizky, Putra Kusuma. "Analisis Biaya Pemeliharaan (*Maintenance*) Mesin pada PKS PTPN V Kebun Sei Pagar". *Skripsi – Jurusan Manajemen, UIN SUSKA RIAU, Pekanbaru, 2010*

Rosadi, Dadi, dkk. "*Simulasi Kredit Pemasaran Mobil Bekas Berbasis WEB menggunakan Codeigniter Framework*". Jurnal Computech & Bisnis Vol. 6, No. 1. STMIK Mardira Indonesia. 2012

Sinaga, Daniel Desi. "Perencanaan *Total Productive Maintenance* pada Stasiun *Stone Crusher* (Studi Kasus: PT. Iga Bina Mix)". *Tugas Akhir – Jurusan Teknik Industri*, *UIN SUSKA RIAU, Pekanbaru*, 2016

Soesetyo, Ivan, dkk. "*Penjadwalan Predictive Maintenance dan biaya Perawatan Mesin Pellet di PT. Charoen Pokphand Indonesia-Sepanjang*". Jurnal Titra Vol. 2, No. 2. Univ. Kristen Petra, 2014

Wahyudi, Didik, dkk. "*Analisis Perawatan Unit Pembangkit Gresik Unit III dengan Metode Reliability Centered Maintenance*". Seminar Nasional VI Teknik Mesin dan Industri. UGM. 2010

Widianto, Tutur. "Analisis Kerusakan pada Mesin *Large Pres* 500 T Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) PT. Parmindo Tiga T". *Tugas Sarjana – Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah, Surakarta,* 2014

Widyaningsih, Sri Astuti. "Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan pada Mesin Produksi Bahan Bangunan untuk Meningkatkan Kehandalan Mesin denga Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)". *Skripsi – Program Studi Teknik Industri, Universitas Indonesia, Depok,* 2011