

PERENCANAAN PERAWATAN MESIN MENGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA PERAWATAN

Rr.Rochmoeljati

Prodi Teknik Industri, FTI-UPNV Jatim

Email : rmoeljati@gmail.com

ABSTRACT

CV. SURYA ELECTRICAL as one of the manufacturers of electrical panel that prioritizes customer satisfaction, still less attention to the importance of the maintenance of production machinery. And if there is damage, CV. SURYA ELECTRICAL had to stop production for a while and then do repair broken machines first. Given these problems, it will be a production machine maintenance planning using Markov Chain methods in the hope of minimizing the cost of care.

From the results obtained by the savings generated by the company's machines are Machine Cut obtained savings of Rp 6,190,037, - or 55% of the maintenance costs of the company. For Bending Machines obtained savings of Rp. 2,447,442, - or 36% of the maintenance costs of the company. While the machine Plong obtained savings of Rp 2,782,404, - or 29.5% of the company's maintenance costs.

Keywords: Markov Chain, Maintenance, Maintenance Cost

ABSTRAK

CV. SURYA ELECTRICAL sebagai salah satu produsen panel listrik yang mengutamakan kepuasan customer, masih kurang memperhatikan akan pentingnya pemeliharaan dari mesin produksinya. Dan apabila terjadi kerusakan, CV. SURYA ELECTRICAL harus menghentikan proses produksi untuk sementara waktu dan kemudian melakukan perbaikan mesin yang rusak tersebut terlebih dahulu. Dengan adanya masalah tersebut, maka akan dilakukan perencanaan pemeliharaan mesin produksi menggunakan metode Markov Chain dengan harapan dapat meminimumkan biaya perawatan.

Dari hasil penelitian diperoleh penghematan tiap mesin yang didapatkan oleh perusahaan adalah Mesin Potong diperoleh penghematan sebesar Rp 6.190.037,- atau 55% dari biaya pemeliharaan perusahaan. Untuk Mesin Tekuk diperoleh penghematan sebesar Rp. 2.447.442,- atau 36% dari biaya pemeliharaan perusahaan. Sedangkan Mesin Plong diperoleh penghematan sebesar Rp 2.782.404,- atau 29.5% dari biaya pemeliharaan perusahaan.

Kata kunci: Markov chain, perawatan mesin, biaya perawatan

PENDAHULUAN

Dalam suatu perusahaan seringkali kita jumpai, masalah pemeliharaan mesin atau maintenance kurang mendapat perhatian khusus sehingga pemeliharaan mesin tidak teratur. Biasanya kegiatan pemeliharaan mesin dilakukan setelah kondisi mesin mengalami kerusakan dan tidak dapat dioperasikan lagi. Jika hal tersebut terus terjadi maka akan sangat merugikan perusahaan karena menimbulkan biaya – biaya yang cukup besar seperti biaya down time serta biaya perbaikan.

Mesin- mesin yang digunakan pada CV. SURYA ELECTRICAL rata-rata berumur 2 - 4 tahun dengan spesifikasi masing – masing sesuai dengan fungsi mesin itu sendiri. Diantara mesin – mesin produksi CV SURYA ELECTRICAL yang seringkali mengalami kerusakan antara lain: mesin tekuk, mesin potong, dan mesin plong. Mesin – mesin tersebut baru akan dirawat setelah terjadinya kerusakan. Akibatnya, menimbulkan biaya *down time* yang cukup *significant* karena kurang adanya perencanaan peralatan secara sistematis yang dilakukan.

Dengan adanya masalah tersebut di atas, maka akan dilakukan perencanaan pemeliharaan mesin produksi menggunakan metode *Markov Chain* dengan harapan dapat meminimumkan biaya perawatan.

Dari hasil penelitian diperoleh penghematan tiap mesin yang didapatkan oleh perusahaan adalah Mesin Potong diperoleh penghematan sebesar Rp 6.190.037,- atau 55% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini. Untuk Mesin Tekuk diperoleh penghematan sebesar Rp. 2.447.442,- atau 36% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini. Sedangkan Mesin Plong diperoleh penghematan sebesar Rp 2.782.404,- atau 29.5% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini.

Proses Markov Chain

Rantai Markov (*Markov Chain*) adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pembuatan model (*modelling*) bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan di waktu yang akan datang atas dasar perubahan-perubahan di waktu yang lalu. Teknik ini dapat juga digunakan untuk menganalisa kejadian-kejadian di waktu-waktu mendatang secara matematis. Model rantai markov dikembangkan oleh seorang ahli Rusia bernama A.A. Markov pada tahun 1906 (Hamdy, 2002)

Rantai Markov ini sebenarnya suatu kasus khusus dari proses Markov yang digunakan untuk mempelajari perilaku suatu sistem *stochastic* tertentu. Proses Markov adalah suatu sistem *stochastic* yang mempunyai karakter bahwa terjadinya suatu *state* pada suatu saat bergantung pada dan hanya pada *state* sebelumnya. Maka apabila $t_0 < t_1 < \dots < t_n$, untuk $n = 0, 1, \dots$ menyatakan titik-titik waktu, kumpulan variabel random $\{ x(t_n) \}$ adalah suatu proses Markov jika memenuhi sifat berikut ini :

$$\begin{aligned} P \{x(t_n) = x_n \mid x(t_{n-1}) = x_{n-1}, \dots, x(t_0) = x_0\} = \\ P \{x(t_n) = x_n \mid x(t_{n-1}) = x_{n-1}\} \end{aligned} \tag{1}$$

untuk seluruh harga $x(t_0), x(t_1), \dots, x(t_n)$

Probabilitas $P_{ij} = P\{x(t_n) = j \mid X(t_{n-1}) = i\}$ disebut sebagai probabilitas transisi dari state i pada t_{n-1} ke state j pada saat t_n , dan asumsikan bahwa probabilitas ini tetap sepanjang waktu. Maka probabilitas transisi dari state s_i ke state s_j ini akan lebih mudah jika disusun dalam suatu bentuk matrik. Matriks ini disebut sebagai transisi homogen atau matriks *Stochastic* karena seluruh probabilitas transisi P_{ij} berharga tetap dan independen terhadap waktu. Probabilitas P_{ij} ini harus memenuhi kondisi berikut :

$$\sum_j P_{ij} = 1, \text{ untuk semua } i \tag{2}$$

$$P_{ij} \geq 0, \text{ untuk seluruh } i \text{ dan } j. \tag{3}$$

(Sudjana, 2005)

Kegunaan Probabilitas dan Keputusan Markov

Dalam proses operasinya suatu item akan mengalami beberapa kemungkinan transisi status yang berubah dari satu status ke status yang lain. Bila dikatakan bahwa dalam selang yang cukup pendek terdapat 4 kemungkinan status, maka untuk mengubah kondisi status yang dialami dilakukan beberapa tindakan yang sesuai dengan kondisi

status (Assauri, 2004). Keputusan-keputusan yang diambil dalam menentukan perawatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keputusan Pemeliharaan

Policy	Keterangan	$d_1(p)$	$d_2(P)$	$d_3(P)$	$d_4(P)$
P_0	Pemeliharaan korektif pada status 4	1	1	1	3
P_1	Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 3	1	1	2	3
P_2	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4, serta pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	3	3
P_3	Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 2 dan 3	1	2	2	3
P_4	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4	1	1	3	3

(Sumber: Assauri, 2004)

Dimana P_0 adalah pemeliharaan yang dilakukan perusahaan, yang merupakan matrik transisi awal sedangkan $P_1, P_2, P_3,$ dan P_4 adalah usulan pemeliharaan yang didapat dari perubahan pada matrik awal sesuai dengan tindakan yang dilakukan.

Tabel 2 Status dan Kondisi Kerusakan

Status	Kondisi
1	Baik
2	Kerusakan ringan
3	Kerusakan sedang
4	Kerusakan berat

(Sumber: Assauri, 2004)

Perhitungan Probabilitas Status untuk Masing-masing Item

Dalam menentukan probabilitas status, sebagaimana terdapat pada tabel 2, akan ditentukan dulu besarnya probabilitas transisi yang dapat dihitung dari jumlah masing-masing keadaan mesin melalui transisi diagram (Dimiyati, 1999). Selanjutnya dapat dibuat matrik transisi awal yang merupakan pemeliharaan yang dilakukan perusahaan, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Probabilitas Transisi Item i

Bulan	Status									
	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{33}	P_{34}	P_{41}
1										
2										
3										
...										
N										
Jumlah										

(Sumber: Assauri, 2004)

Keterangan : P = Probabilitas Transisi

Matrik transisi satu langkah item-i yang merupakan pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan terdapat pada tabel 4.

Tabel 4 Matrik Probabilitas Transisi Awal

I \ J	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	0	P_{22}	P_{23}	P_{24}
3	0	0	P_{33}	P_{34}
4	P_{41}	0	0	0

(Sumber: Assauri, 2004)

Perencanaan Pemeliharaan yang Diusulkan

Untuk mendapatkan pemeliharaan yang lebih baik sehingga bisa mengurangi biaya pemeliharaan, maka diusulkan 4 (empat) perencanaan pemeliharaan mesin yang didapat dari perubahan matrik transisi awal. Dari keempat usulan tersebut yang akan dipilih adalah usulan yang mempunyai biaya rata-rata ekspektasi terkecil (Andrew, 2007).

i. Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 3.

Matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 5 Matrik Probabilitas Transisi Usulan 1

$$P_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} j \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} i \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 0 & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

(Sumber: Andrew, 2007)

Dengan probabilitas terjadinya kerusakan pada kondisi steady state dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 0 & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ii. Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4 serta pemeliharaan pencegahan pada status 2.

Matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 6 Matrik Probabilitas Transisi Usulan 2

$$P_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} j \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} i \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

(Sumber: Andrew, 2007)

Dengan probabilitas terjadinya kerusakan pada kondisi steady state dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

iii. Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 2 dan 3

Matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 7 Matrik Probabilitas Transisi Usulan 3

		j			
		1	2	3	4
P ₃ =	i				
	1	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄
	2	1	0	0	0
	3	0	1	0	0
	4	1	0	0	0

(Sumber: Andrew, 2007)

Dengan probabilitas terjadinya kerusakan pada kondisi steady state dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [\pi_1 \pi_2 \pi_3 \pi_4]$$

iv. Pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4

Matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 8 Matrik Probabilitas Transisi Usulan 4

		j			
		1	2	3	4
P ₄ =	i				
	1	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄
	2	0	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄
	3	1	0	0	0
	4	1	0	0	0

(Sumber: Andrew, 2007)

Dengan probabilitas terjadinya kerusakan pada kondisi steady state dapat dituliskan sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 0 & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Biaya Down Time

Biaya *down time* adalah biaya hilangnya profit perusahaan yang diakibatkan oleh system yang tidak produktif.

Biaya Penyelenggaraan Pemeliharaan Pencegahan

Biaya yang dikeluarkan setiap kali melakukan pemeliharaan dan perbaikan disebut biaya penyelenggaraan dimana biaya tadi tergantung pada jumlah item yang diperiksa atau diperbaiki. Jika biaya pemeliharaan pencegahan item-*i* dilambangkan dengan C_{1i} maka dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C_{1i} = \text{Waktu rata-rata Pemeliharaan Pencegahan} \times \text{Biaya } \textit{down time}$$

Biaya Kerusakan (Pemeliharaan Korektif)

Kerusakan merupakan suatu kondisi dimana sistem tidak dapat berfungsi untuk menghasilkan output. Jika biaya pemeliharaan korektif ini dilambangkan dengan C_{2i} untuk setiap item-*i* maka dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C_{2i} = \text{Waktu rata-rata pemeliharaan perbaikan} \times \text{Biaya } \textit{down time}$$

Biaya Rata-rata Ekspektasi

Berdasarkan pada biaya-biaya pemeliharaan pencegahan dan korektif apabila dikalikan dengan probabilitas status dalam keadaan mapam (*steady state*) pada jangka panjang maka akan didapatkan biaya rata-rata ekspektasi (biaya rata-rata yang diharapkan) untuk masing-masing pemeliharaan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di CV SURYA ELECTRICAL beralamat di jalan Semeru no 11, Desa Bambe Driyorejo Kabupaten Gresik. Adapun pelaksanaan penelitian dilakukan mulai September 2012 sampai dengan selesai

Identifikasi Operasional Variabel

Di tinjau dari segi penelitian, variabel dapat diartikan sebagai konsep yang mempunyai nilai. Adapun variabel – variabel tersebut adalah

a. Variabel terikat

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikatnya adalah biaya perawatan yang minimum dari mesin Potong, mesin Tekuk, dan Mesin Plong.

b. Variabel Bebas

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebasnya antara lain:

1. Data waktu pemeliharaan perbaikan
2. Data waktu pemeliharaan pencegahan
3. Data biaya down time

Pengumpulan Data

Yaitu suatu cara untuk memperoleh data dengan pengamatan terhadap suatu proyek yang diteliti serta dokumentasi (Arikunto, 2002). Data – data yang dikumpulkan antara lain:

a. Data Primer

Data primer diperoleh dengan melakukan Riset lapangan. Riset Lapangan (*Field Research*) Adapun teknik yang digunakan adalah :

1. *Observasi*
2. *Interview*

b. Data Sekunder

Data Sekunder diperoleh dengan melakukan pencatatan data dari dokumen perusahaan maupun dari studi pustaka yang berhubungan dengan masalah di dalam penelitian ini.

Pengolahan dan Analisis Data

Adapun langkah-langkah pengolahan dan analisa data dari pada suatu *Markov Chain* tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung probabilitas transisi yang dihitung dari proporsi jumlah mesin yang mengalami transisi status.
- b. Membentuk matriks transisi awal kegiatan pemeliharaan dan usulan.
- c. Menghitung probabilitas kondisi mesin dalam keadaan steady state
- d. Menghitung biaya penyelenggaraan pemeliharaan preventive (C_{1i}).
- e. Menghitung biaya penyelenggaraan pemeliharaan korektive (C_{2i})
- f. Menghitung biaya rata-rata ekspektasi pemeliharaan
- g. Menghitung penghematan biaya pemeliharaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Mesin dan Jumlah Mesin Yang Mengalami Kerusakan

Jenis mesin pada bagian produksi yang sering kali mengalami kerusakan dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 9 Jenis Mesin dan Jumlah Mesin Yang Mengalami Kerusakan

No	Mesin	Jumlah
1	Mesin Potong	4
2	Mesin Tekuk	4
3	Mesin Plong	3

(Sumber: Data Pengamatan)

Data Mesin yang Mengalami Transisi Status

1. Transisi status yang terjadi
 Pada mesin potong, mesin tekuk, dan mesin plong mengalami perubahan status kondisi selama periode Oktober 2010 sampai September 2011. Transisi status tersebut adalah:
 - a. Kondisi baik ke kondisi baik
 - b. Kondisi baik ke kerusakan ringan
 - c. Kondisi baik ke kerusakan sedang
 - d. Kondisi baik ke kerusakan berat
 - e. Kondisi kerusakan ringan ke kerusakan ringan
 - f. Kondisi kerusakan ringan ke kerusakan sedang
 - g. Kondisi kerusakan ringan ke kerusakan berat
 - h. Kondisi kerusakan sedang ke kerusakan sedang
 - i. Kondisi kerusakan sedang ke kerusakan berat
 - j. Kondisi kerusakan berat ke kondisi baik
2. Data transisi status untuk setiap mesin
 Perubahan kondisi tiap jenis mesin dapat ditabulasikan ke dalam tabel berikut.

Tabel 10 Transisi Status Mesin Potong

Bulan/ Tahun	Status									
	B/ B	B/ Kr	B/ Ks	B/ Kb	Kr/ Kr	Kr/ Ks	Kr/ Kb	Ks/ Ks	Ks/ Kb	Kb/ B
Okt' 11	2	0	0	1	*	*	*	*	*	*
Nop' 11	2	0	0	0	*	*	*	1	0	*
Des' 11	1	0	1	0	*	*	*	0	1	*
Jan' 12	1	0	0	0	0	1	0	*	*	1
Peb' 12	1	0	0	0	1	0	0	1	0	*
Mar' 12	2	0	0	0	0	1	0	*	*	*
Apr' 12	0	1	0	0	0	0	1	1	0	*
Mei' 12	2	0	0	0	0	1	0	*	*	*
Juni' 12	1	0	0	0	0	1	0	1	0	*
Juli' 12	1	0	0	0	0	0	1	0	1	*
Ags' 12	2	0	0	0	1	0	0	*	*	*
Sep' 12	2	0	0	0	0	1	0	*	*	*

(Sumber: Data Pengamatan)

Tabel 11 Transisi Status Mesin Tekuk

Bulan/ Tahun	Status									
	B/ B	B/ Kr	B/ Ks	B/ Kb	Kr/ Kr	Kr/ Ks	Kr/ Kb	Ks/ Ks	Ks/ Kb	Kb/ B
Okt' 11	2	0	0	1	*	*	*	0	1	*
Nop' 11	3	0	0	0	*	*	*	*	*	1
Des' 11	3	0	0	0	0	1	0	*	*	*
Jan' 12	2	1	0	0	*	*	*	1	0	*
Peb' 12	2	0	0	0	1	0	0	*	*	1
Mar' 12	2	1	0	0	0	0	1	*	*	*
Apr' 12	3	0	0	0	*	*	*	*	*	1
Mei' 12	3	0	0	0	*	*	*	1	0	*
Juni' 12	2	1	0	0	1	0	0	*	*	*
Juli' 12	3	0	1	0	*	*	*	*	*	*
Ags' 12	2	0	0	1	*	*	*	1	0	*
Sep' 12	3	0	0	0	0	1	0	*	*	*

(Sumber: Data Pengamatan)

Tabel 12 Transisi Status Mesin Plong

Bulan/ Tahun	Status									
	B/ B	B/ Kr	B/ Ks	B/ Kb	Kr/ Kr	Kr/ Ks	Kr/ Kb	Ks/ Ks	Ks/ /Kb	Kb/ B
	3	0	0	0	0	1	0	*	*	*
Okt' 10	2	1	0	0	*	*	*	1	0	*
Nop' 10	2	0	0	0	1	0	0	1	0	*
Des' 10	2	1	0	0	1	0	0	*	*	*
Jan' 11	3	0	0	0	*	*	*	1	0	*
Peb' 11	2	1	0	0	0	1	0	*	*	*
Mar' 11	3	0	0	0	*	*	*	0	1	*
Apr' 11	2	0	1	0	0	0	1	*	*	*
Mei' 11	2	0	0	0	0	0	1	*	*	*
Juni '11	2	0	0	0	*	*	*	1	0	1
Juli' 11	2	1	0	0	*	*	*	0	1	*
Ags' 11	2	0	0	1	0	1	0	*	*	*
Sep' 11										

(Sumber: Data Pengamatan)

Keterangan :

- B/B = Kondisi baik ke kondisi baik
- B/Kr = Kondisi baik ke kondisi kerusakan ringan
- B/Ks = Kondisi baik ke kondisi kerusakan sedang
- B/Kb = Kondisi baik ke kondisi kerusakan berat
- Kr/Kr = Kondisi kerusakan ringan ke kondisi kerusakan ringan
- Kr/Ks = Kondisi kerusakan ringan ke kondisi kerusakan sedang
- Kr/Kb = Kondisi kerusakan ringan ke kondisi kerusakan berat
- Ks/Ks = Kondisi kerusakan sedang ke kondisi kerusakan sedang
- Ks/Kb = Kondisi kerusakan sedang ke kondisi kerusakan berat
- Kb/B = Kondisi kerusakan berat ke kondisi baik

Data Waktu Pemeliharaan Pencegahan Tiap Mesin

Berdasarkan hasil pengamatan dan pencatatan dokumen perusahaan didapatkan waktu pemeliharaan tiap mesin adalah sebagai berikut:

Tabel 13 Waktu Pemeliharaan Pencegahan

No.	Mesin	Jumlah	Waktu (menit/bulan)	Total Waktu (jam/bulan)	Total Waktu (jam/tahun)
1.	Mesin Potong	4	20	1,33	15,96
2.	Mesin Tekuk	4	20	1,33	15,96
3.	Mesin Plong	3	15	0,75	9

Sumber: Data diolah

Biaya Perawatan Mesin Perusahaan Tanpa Menggunakan Metode Markov

Dari hasil pengolahan data didapatkan biaya perawatan mesin oleh perusahaan adalah:

Tabel 14 Biaya Perawatan Mesin Perusahaan Pada Kondisi Riil

Jenis Perawatan	Biaya Perawatan Mesin		
	Mesin Potong	Mesin Tekuk	Mesin Plong
Preventif	34393800	27323529	13347000
Corectiive	43315500	36499840	20465400
Total Biaya Perawatan	77709300	63823369	33812400

Sumber: data diolah

Biaya Ekspektasi Termurah

Biaya-biaya pemeliharaan untuk masing-masing item apabila dikalikan dengan probabilitas status dalam keadaan mapan (*steady state*) pada jangka panjang, maka akan didapatkan biaya rata-rata ekspektasi (biaya rata-rata yang diharapkan) untuk masing-masing pemeliharaan. Dari keempat pemeliharaan mesin yang diusulkan dan 1 (satu) pemeliharaan mesin yang telah dilakukan oleh perusahaan akan dipilih perencanaan pemeliharaan mesin yang mempunyai biaya rata-rata ekspektasi termurah. Biaya rata-rata ekspektasi yang paling murah yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

Tabel 15 Ekspektasi Biaya Perawatan Masing-masing Mesin

Mesin	Ekspektasi Biaya Perawatan (Rp)				
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
1 Mesin Potong	11.190.067	7.891.825	5.000.020	5.320.953	5.0249.598
2 Mesin Tekuk	6.701.452	6.608.817	4.524.010	4.528.553	8.686.961
3 Mesin Plong	4.868.985	7.047.216	2.086.581	2.278.779	2.394.452

(Sumber Informasi: Pengolahan dari data ekspektasi biaya Perawatan mesin)

Keterangan :

P₀ = Pemeliharaan mesin yang dilakukan oleh perusahaan.

P₁ = Pemeliharaan korektif pada kondisi kerusakan berat dan pemeliharaan pencegahan pada kondisi kerusakan sedang.

P₂ = Pemeliharaan korektif pada kondisi kerusakan sedang dan berat serta pemeliharaan pencegahan pada kondisi kerusakan ringan.

P₃ = Pemeliharaan korektif pada kondisi kerusakan berat dan pemeliharaan pencegahan pada kondisi kerusakan ringan dan sedang.

P₄ = Pemeliharaan korektif pada kondisi kerusakan sedang dan berat.

Penghematan Biaya Perawatan Mesin

Penghematan dari biaya usulan perencanaan pemeliharaan mesin yang dipilih tiap-tiap item adalah :

1. Mesin Potong
 $(Rp\ 11.190.067,-) - (Rp\ 5.000.030,-) = Rp\ 6.190.037,-$
 $\frac{Rp\ 6.190.037,-}{Rp\ 11.190.067,-} \times 100\% = 55\%$
 Biaya pemeliharaan awal Rp11.190.067,-
 Biaya pemeliharaan usulan termurah Rp 5.000.030,-
 Dari perhitungan biaya pemeliharaan awal – biaya pemeliharaan usulan termurah diperoleh biaya sebesar Rp 6.190.037,- = 55%, artinya terdapat penghematan sebesar Rp 6.190.037,- atau 55%

2. Mesin Tekuk
 $(Rp\ 6.701.452,-) - (Rp\ 4.254.010,-) = Rp\ 2.447.442,-$
 $\frac{Rp\ 2.447.442,-}{Rp\ 6.701.452,-} \times 100\% = 36\%$
 Biaya pemeliharaan awal Rp 6.701.452,-
 Biaya pemeliharaan usulan termurah Rp 4.254.010,-
 Dari perhitungan biaya pemeliharaan awal – biaya pemeliharaan usulan termurah diperoleh biaya sebesar Rp 2.447.442,- = 36 %, artinya terdapat penghematan sebesar Rp 2.447.442,- atau 36 %

3. Mesin Plong
 $(Rp\ 4.868.985,-) - (Rp\ 2.086.581,-) = Rp\ 2.782.404,-$
 $\frac{Rp\ 2.782.404,-}{Rp\ 4.868.985,-} \times 100\% = 57\%$
 Biaya pemeliharaan awal Rp 4.868.985,-
 Biaya pemeliharaan usulan termurah Rp 2.086.581,-
 Dari perhitungan biaya pemeliharaan awal – biaya pemeliharaan usulan termurah diperoleh biaya sebesar Rp 2.782.404,- = 57 %, artinya terdapat penghematan sebesar Rp 2.782.404,- atau 57%

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan pengolahan serta analisis pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perencanaan perawatan mesin yang dapat meminimumkan biaya perawatan di CV Surya Electrical adalah dengan melakukan pemeliharaan perbaikan saat mesin mengalami kerusakan sedang dan kerusakan berat, serta melakukan pemeliharaan pencegahan saat mesin mengalami kerusakan ringan.
2. Biaya Ekspektasi dan penghematan tiap mesin yang didapatkan oleh perusahaan adalah:
 - a. Mesin Potong
 Biaya Ekspektasi usulan termurah pertahun adalah Rp. 5.000.030,-sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp 6.190.037,- atau 55% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini.
 - b. Mesin Tekuk
 Biaya Ekspektasi usulan termurah pertahun adalah Rp. 4.254.010,-

sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp. 2.447.442,- atau 36% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini.

c. Mesin Plong

Biaya Ekspektasi usulan termurah pertahun adalah Rp. 1.437.828,-

sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp 2.782.404,- atau 29.5% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini.

Saran

Berdasarkan pada kesimpulan di atas, maka disampaikan beberapa saran untuk perusahaan :

1. Menggunakan usulan pemeliharaan yang baru, yaitu pemeliharaan usulan P_2 (pemeliharaan korektif pada kondisi kerusakan berat dan pemeliharaan pencegahan pada kondisi kerusakan sedang) untuk mesin Potong, mesin Tekuk, dan mesin Plong.
2. Pencatatan kondisi mesin hendaknya dilakukan secara teratur dan *continue* agar dapat dilakukan tindakan-tindakan pencegahan untuk mengurangi tingkat kerusakan mesin dan untuk memudahkan penyusunan model pemeliharaan apabila dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew J. Hetzel, Jay S. Liew, and Kent E. Morrison. 2007. The Probability that a Matrix of Integers Is Diagonalizable A MATRIX OF INTEGERS.
- Assauri Sofyan. 2004. **Manajemen Produksi dan Operasi**, Edisi Revisi, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI, Jakarta.
- Arikunto, Suharsimi. 2002. **Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek**, Edisi Revisi V, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Hamdy A. Taha. 2002. **Operations Research: An Introduction**, Prentice-Hall
- Sudjana, 2005, "**Metode Statistik**", Edisi ke-6, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Tarliah Dimiyati, Tjutju and Ahmad Dimiyati, 1999. **Operations Research**, Sinar Baru Algensindo, Bandung.