

PERENCANAAN PERAWATAN MESIN UNTUK MENURUNKAN BIAYA PERAWATAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE MARKOV CHAIN

Wahyu Eni¹, Henry Susiawan²

ABSTRACT

For this time, machine and tools are much wear in some factory to support human in produce something. And so machine and tools it self are an object which be able to damaged, then be needed to take care of those thing in a continue manner. In a logic manner could be arithmeticed that with continued machine treatment will more decrease the cost of factory every periode than the consequence cost of machine damage. Especially in order to get a good productivity, good quality and low cost level, so one of method to prevent this thing is using Markov Chain method. Base on result analyst, then known that the treatment of Root Washer machine are Korective Treatment Planning on weight status and Prohibition treatment on light in weight and average status. Then the treatment cost motion on Root Whasher machine have a cost judgment result Rp. 492.977,-

Key Words : Treatment, Cost, Markov Chain Method.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi era sekarang ini mengakibatkan kebutuhan akan tenaga manusia mulai digeser untuk digantikan dengan mesin atau peralatan produksi lainnya. Mesin dan peralatan yang dalam kondisi baik akan dapat melancarkan jalannya proses produksi. Untuk menjaga agar mesin-mesin tersebut dapat digunakan dengan sebaik mungkin maka dibutuhkan kegiatan perawatan atau maintainance yang kontinyu.

Dalam suatu perusahaan masalah perawatan atau maintainance seringkali diabaikan, sehingga terjadilah kegiatan perawatan yang tidak teratur. Kegiatan perawatan ini baru dilakukan setelah kondisi mesin-mesin tersebut rusak berat dan tidak dapat dioperasikan lagi. Jika hal tersebut

terjadi maka akan sangat merugikan perusahaan karena biaya yang ditimbulkan relatif besar, seperti biaya perbaikan dan biaya down time akibat mesin tersebut tidak berproduksi. Kerugian lain adalah proses produksi tidak berjalan lancar dan kualitas output yang dihasilkan rendah serta akan berpengaruh terhadap turunnya kepercayaan konsumen pada perusahaan akibat produksi yang tidak stabil.

Demikian pula yang dilakukan oleh PT. SARI TANAM PRATAMA PONOROGO, perusahaan ini melakukan perawatan terhadap mesin-mesin yang ada secara tidak teratur. Perawatan yang dilakukan oleh perusahaan biasanya menunggu sampai mesin mengalami kerusakan berat dan mesin tersebut tidak dapat dioperasikan lagi. Dari keadaan tersebut maka menyebabkan biaya down

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Industri & ²⁾ Alumni Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang

time relatif tinggi, hal ini dikarenakan mesin-mesin yang ada harus dilakukan perbaikan.

Dengan mengadakan kegiatan perawatan mesin yang kontinu meliputi pengecekan, perbaikan atas kerusakan yang ada serta penyesuaian atau penggantian spare parts menjadikan kontinuitas produksi dapat terjamin. Perencanaan perawatan ditujukan untuk meningkatkan efisiensi dengan mengurangi kemacetan sekecil-kecilnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Tujuan utama dari fungsi perawatan ini adalah :

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas dan tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan perawatan secara efektif dan efisien keseluruhnya.
5. Agar keselamatan pekerja lebih terjamin.

6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan, dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan atau *return of investment* yang sebaik mungkin dan total biaya yang rendah. (*Soffyan Assauri, 1978, hal 88*)

Proses Markov Chain

Sebelum kita membahas metode untuk menentukan kemungkinan transisi akan diuraikan dahulu tentang pengertian dasar proses stokastik, karena metode Markov Chain merupakan kejadian khusus dari proses stokastik (*Tjuju T. Dimiyati dan Ahmad Dimiyati, 1992, hal 320*).

Proses stokastik $\{X_{(t)} : t \in T\}$ adalah sekelompok variabel random $X_{(t)}$ dimana t diambil dari sekumpulan data (T) yang telah diketahui. Seringkali T merupakan suatu kelompok bilangan bulat non negatif dan $X_{(t)}$ menyatakan karakteristik yang dapat diukur dari sesuatu pada waktu t . karena $X_{(t)}$ adalah variabel random maka tidak dapat diketahui dengan pasti pada status manakah suatu proses akan berada pada waktu t , bila t menunjukkan saat terjadinya status di waktu yang akan datang. Dimana $t = 0, 1, 2, \dots$

(*P. Siagion, 1987, hal 490*).

Suatu proses stokastik dikatakan memiliki sifat markovian jika memenuhi syarat sebagai berikut :

$$P \{ X_{t+1} = j \mid X_0 = k_0, X_1 = k_1, \dots, X_{t-1}, X_t = i \} \\ = P \{ X_{t+1} = j \mid X_t = i \}, \text{ dimana } t = 0, 1, 2, \dots$$

(*Frederick S. Hiller and Gerald J.*

Lieberman, 1981, hal 372).

Probabilitas bersyarat $P \{ X_{t+1} = j \mid X_t = i \}$ disebut sebagai probabilitas transisi.

Jika untuk masing-masing i dan j , $P \{ X_{t+1} = j \mid X_t = i \} = P \{ X_t = j \mid X_0 = i \}$, untuk $t = 0, 1, 2, \dots$ maka disebut probabilitas transisi (satu langkah) dan biasanya dilambangkan oleh P_{ij} . Sedangkan $P \{ X_{t+n} = j \mid X_t = i \} = P \{ X_n = j \mid X_0 = i \}$, dimana $n = 0, 1, 2, \dots$, untuk $t = 0, 1, 2, \dots$. Probabilitas bersyarat ini biasanya dilambangkan dengan $P_{ij}^{(n)}$ dan disebut sebagai probabilitas transisi n langkah. Jadi $P_{ij}^{(n)}$ adalah probabilitas bersyarat bahwa variabel random $X_{(t)}$, yang dimulai dari status i , akan berada pada status j setelah n langkah.

Untuk $n = 0$, $P_{ij}^{(n)}$ maka $P \{ X_0 = j \mid X_0 = i \}$ sehingga mengakibatkan bernilai 1 ketika $i = j$ dan 0 ketika $i \neq j$.

Dimana $P_{ij}^{(n)}$ harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$P_{ij}^{(n)} \geq 0$, untuk semua i dan j , dan $n = 0, 1, 2, \dots$
 $\sum_{j=0}^M P_{ij}^{(n)} = 1$, untuk semua i dan $n = 0, 1, 2, \dots$

Probabilitas transisi dinyatakan dalam bentuk matriks adalah sebagai berikut :

$$P^{(n)} = \begin{array}{c|ccc} \text{Status} & 0 & 1 & 2 \\ \hline 0 & P_{00}^{(n)} & \dots & P_{0M}^{(n)} \\ 1 & \vdots & \ddots & \vdots \\ M & P_{M0}^{(n)} & \dots & P_{MM}^{(n)} \end{array}$$

Untuk $n = 0, 1, 2, \dots$

atau

$$P^{(n)} = \begin{bmatrix} P_{00}^{(n)} & \dots & P_{0M}^{(n)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{M0}^{(n)} & \dots & P_{MM}^{(n)} \end{bmatrix}$$

Sifat Markov Chain dalam jangka panjang, probabilitasnya menjadi status mapan (*steady state*). Untuk Markov Chain

ergodic (positif dan terjadi berulang-ulang) dan tak dapat diperkecil lagi maka :

limit $P_{ij}^{(n)}$ nyata ada dan tidak tergantung pada i .
 $n \rightarrow \infty$

Selain daripada itu limit $P_{ij}^{(n)} = \pi_j$,
 $n \rightarrow \infty$

Dimana π_j merupakan probabilitas status j yang memenuhi persyaratan *steady state*.

$\pi_j > 0$

$$\pi_j = \sum_{i=0}^M \pi_i P_{ij} \text{ untuk } j = 0, 1, 2, \dots, M$$

$$\sum_{j=0}^M \pi_j = 1$$

(Richard Bronson, 1988, hal 260)

Markov Chain Data yang diperlukan adalah:

- * Data Transisi status
- * Data waktu
- * Data biaya
- * Tak perlu menggunakan pemecahan statistik
- * Perencanaan selang perawatan mesin

Penaksiran Parameter Markov

Proses Markov berwaktu diskrit dan berstatus diskrit terbatas $X_{(t)}$, $t = 0, 1, 2, 3, \dots, N$ ditentukan hukum probabilitas secara lengkap oleh parameter P_{ij} ($i, j = 1, 2, 3, \dots, N$) yang disebut sebagai probabilitas transisi homogen satu langkah. Sebagai persoalan utama yang dihadapi apabila menggunakan proses Markov sebagai suatu model sistem adalah menentukan taksiran parameter-parameter tersebut dari data yang diperoleh dari sejumlah pengamatan

Bila suatu proses Markov dengan variasi status- i , ($i = 1,2,3, \dots, N$) dilakukan pengamatan pada saat-saat diskrit t ($t = 0,1,2,3, \dots, t$), $P_{ij}(t)$ adalah probabilitas bersyarat suatu individu sampel berada pada status i pada saat t dan berada pada status j pada saat $(t+1)$, maka dianggap terhadap $m_i(0)$ individu sampel berada pada status k_0 pada saat nol.

Untuk menaksir probabilitas transisi homogen satu langkah dengan cara melakukan pengamatan terhadap transisi status individu-individu yang ditarik dari N sampel pengamatan yang dirancang dengan metode sebagai berikut :

Tabel 1
Tabel Rancangan Pengamatan

Status	1	2	3	4	Jumlah S ke t-1
1	m_{11}	m_{12}	m_{13}	m_{14}	m_1^*
2	m_{21}	m_{22}	m_{23}	m_{24}	m_2^*
3	m_{31}	m_{32}	m_{33}	m_{34}	m_3^*
4	m_{41}	m_{42}	m_{43}	m_{44}	m_4^*
Jumlah S Periode ke-t	m_1	m_2	m_3	m_4	

Dari tabel tersebut probabilitas dapat diketahui dengan :

$$P_{ij} = \frac{m_{ij}}{m_i}$$

Di mana :

P_{ij} = Probabilitas

m_{ij} = Keadaan sistem pada status $-j$

m_i = Jumlah sistem pada status $-j$

Biaya Down Time

Akibat dari sistem tidak produktif yang diakibatkan sistem dalam perawatan

atau perbaikan mengakibatkan hilangnya profit karena sistem tidak berproduksi. Biaya tersebut disebut biaya *down time*. Elemen-elemen biaya yang menentukan biaya *down time* adalah biaya operator mesin, hilangnya sebagian output produksi atau umumnya dinyatakan dalam profit persatuan waktu yang hilang.

Biaya Penyelenggaraan Perawatan Pencegahan

Jadi biaya perawatan pencegahan item- i dilambangkan dengan C_{1i} maka dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C_n = (\text{Waktu rata-rata perawatan X Biaya } \textit{down time} \text{ per-jam} \text{ pencegahan per-bulan}) + \text{Biaya tetap}$$

Biaya Kerusakan

$$C_{2i} = (\text{Waktu rata-rata kerusakan X Biaya } \textit{down time} \text{ per-jam per-bulan}) + \text{Biaya tetap}$$

Biaya Rata-rata Ekspektasi

$$E = \sum_{j=0}^M \pi_j C(j)$$

(Pangestu, Marwan, Hani ; 1994 : 193)

METODOLOGI PENELITIAN

Adapun langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan probabilitas status untuk masing-masing mesin
2. Perhitungan probabilitas status untuk masing-masing item

3. Perencanaan Perawatan yang diusulkan Untuk mendapatkan perawatan yang optimal sehingga bisa mengurangi biaya perawatan, maka diusulkan empat perencanaan perawatan mesin yang didapat dari perubahan matrik transisi awal sesuai dengan tindakan yang dilakukan. Dari keempat usulan tersebut yang akan dipilih adalah usulan yang mempunyai biaya rata-rata ekspektasi terkecil.

4. Analisa Biaya Perawatan Sistem

Untuk menentukan model yang digunakan untuk menentukan besarnya biaya perawatan dan besarnya biaya yang hilang akibat adanya *down time*, maka biaya-biaya yang timbul ada dan tidaknya perencanaan perawatan adalah :

- * Besarnya biaya *down time* ditentukan oleh pihak perusahaan.
- * Biaya penyelenggaraan perawatan pencegahan adalah biaya penyelenggaraan yang ditetapkan sebagai jumlah biaya *down time* yang timbul akibat perawatan pencegahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Probabilitas Transisi Mesin Root Whasher

Dengan mengolah data dari tabel B-1 dan C-1 pada lampiran maka dapat disusun suatu tabel probabilitas transisi seperti di bawah ini :

Tabel 2
Probabilitas Transisi Mesin Root Whasher

Bulan	Status									
	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₃₃	P ₃₄	P ₄₁
Juni	1/1	0	0	1/1	-	-	-	1/1	0	-
Juli	1/2	0	0	½	-	-	-	0	1/1	-
Agustus	1/1	0	0	0	0	0	1/1	1/1	0	-
September	-	0	0	0	1/1	1/1	0	-	-	1/1
Oktober	1/2	1/2	1/2	0	0	0	0	-	-	-
Nopember	1/2	0	0	0	0	0	1/1	-	-	-
Jumlah	3,5	0,5	0,5	1,5	1	1	2	2	1	1
Rata-rata	0,583	0,083	0,083	0,25	0,25	0,25	0,5	0,666	0,333	1

Matrik transisi satu langkah mesin Root Whasher yang merupakan perawatan yang dilakukan oleh perusahaan adalah :

$P_0 =$

i j	1	2	3	4
1	0,6	0,1	0,1	0,2
2	0	0,25	0,25	0,5
3	0	0	0,667	0,333
4	1	0	0	0

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matriks transisi tersebut, dalam jangka panjang probabilitas terjadinya transisi dalam keadaan *steady state* dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 & [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \begin{bmatrix} 0,6 & 0,1 & 0,1 & 0,2 \\ 0 & 0,25 & 0,25 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0,667 & 0,333 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 & = [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4]
 \end{aligned}$$

dan $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$

maka akan didapat persamaan sebagai berikut :

1. $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$
2. $0,6 \pi_1 + \pi_4 = \pi_1$
3. $0,1 \pi_1 + 0,25 \pi_2 = \pi_2$
4. $0,1 \pi_1 + 0,25 \pi_2 + 0,5 \pi_3 = \pi_3$
5. $0,2 \pi_1 + 0,5 \pi_2 + 0,5 \pi_3 = \pi_4$

Hasil dari persamaan tersebut didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 0,5327 \\ \pi_2 &= 0,0585 \\ \pi_3 &= 0,1816 \\ \pi_4 &= 0,2231 \end{aligned}$$

Perencanaan Perawatan Usulan Mesin Root Whasher

Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan pencegahan pada status 3

Matriks transisinya adalah sebagai berikut :

$P_1 =$

i j	1	2	3	4
1	0,6	0,1	0,1	0,2
2	0	0,25	0,25	0,5
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matriks transisi tersebut, dalam jangka panjang probabilitas terjadinya transisi dalam keadaan *steady state* dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &[\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \begin{bmatrix} 0,6 & 0,1 & 0,1 & 0,2 \\ 0 & 0,25 & 0,25 & 0,5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ &= [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \\ &\text{dan } \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1 \end{aligned}$$

maka akan didapat persamaan sebagai berikut :

1. $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$
2. $0,6 \pi_1 + \pi_4 = \pi_1$
3. $0,1 \pi_1 + 0,25 \pi_2 = \pi_2$
4. $0,1 \pi_1 + 0,25 \pi_2 = \pi_3$
5. $0,2 \pi_1 + 0,5 \pi_2 = \pi_4$

Hasil dari persamaan tersebut didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 0,5169 \\ \pi_2 &= 0,1736 \\ \pi_3 &= 0,0877 \\ \pi_4 &= 0,2191 \end{aligned}$$

Perawatan korektif pada status 3 dan 4 serta perawatan pencegahan pada status 2

$P_2 =$

i j	1	2	3	4
1	0,6	0,1	0,1	0,2
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matriks transisi tersebut, dalam jangka panjang probabilitas terjadinya transisi dalam keadaan *steady state* dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &[\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \begin{bmatrix} 0,6 & 0,1 & 0,1 & 0,2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ &= [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \\ &\text{dan } \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1 \end{aligned}$$

maka akan didapat persamaan sebagai berikut :

1. $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$
2. $0,6 \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = \pi_1$
3. $0,1 \pi_1 = \pi_2$

Matrik transisi satu langkah mesin Root Whasher yang merupakan perawatan yang dilakukan oleh perusahaan adalah :

$$P_0 = \begin{array}{c|cccc} \mathbf{i \ j} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} \\ \hline \mathbf{1} & 0,6 & 0,1 & 0,1 & 0,2 \\ \hline \mathbf{2} & 0 & 0,25 & 0,25 & 0,5 \\ \hline \mathbf{3} & 0 & 0 & 0,667 & 0,333 \\ \hline \mathbf{4} & 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matriks transisi tersebut, dalam jangka panjang probabilitas terjadinya transisi dalam keadaan *steady state* dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] & \begin{bmatrix} 0,6 & 0,1 & 0,1 & 0,2 \\ 0 & 0,25 & 0,25 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ & = [\pi_1 \ \pi_2 \ \pi_3 \ \pi_4] \\ \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 & = 1 \end{aligned}$$

maka akan didapat persamaan sebagai berikut :

1. $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$
2. $0,6 \pi_1 + \pi_4 = \pi_1$
3. $0,1 \pi_1 + 0,25 \pi_2 = \pi_2$
4. $0,1 \pi_1 + 0,25 \pi_2 + 0,5 \pi_3 = \pi_3$
5. $0,2 \pi_1 + 0,5 \pi_2 + 0,5 \pi_3 = \pi_4$

Hasil dari persamaan tersebut didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} \pi_1 & = 0,5327 \\ \pi_2 & = 0,0585 \\ \pi_3 & = 0,1816 \\ \pi_4 & = 0,2231 \end{aligned}$$

Probabilitas transisi pada perawatan yang dilakukan perusahaan (P_0) untuk Mesin Root Whasher, dan selanjutnya dinyatakan dalam bentuk matriks transisi sebagai berikut :

$$P_0 = \begin{bmatrix} 0,583 & 0,083 & 0,083 & 0,25 \\ 0 & 0,25 & 0,25 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0,667 & 0,333 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks Transisi Untuk Perencanaan Perawatan Yang Diusulkan

Dari matriks transisi awal (perawatan yang dilakukan oleh perusahaan) diusulkan empat macam rencana perawatan yang selanjutnya dapat dinyatakan dalam bentuk matriks transisi (P_1 , P_2 , P_3 dan P_4) sebagai berikut :

Perencanaan Perawatan Korektif pada status 4 dan Pencegahan pada status 3

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0,583 & 0,083 & 0,083 & 0,25 \\ 0 & 0,25 & 0,25 & 0,5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Perencanaan Perawatan Korektif pada status 3 dan 4 serta Perencanaan Perawatan pada 2

$$P_2 = \begin{bmatrix} 0,583 & 0,083 & 0,083 & 0,25 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Perencanaan Perawatan Korektif pada status 4 dan Perawatan Penegahan pada status 2 dan 3

$$P_3 = \begin{bmatrix} 0,583 & 0,083 & 0,083 & 0,25 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Probabilitas Status Mesin/Item Pada Keadaan Steady State

Dari analisa di atas, probabilitas terjadinya kerusakan ringan, kerusakan sedang, dan kerusakan berat dalam keadaan mapan (*steady state*) untuk jangka panjang

untuk mesin Root Washer adalah sebagai berikut :

Tabel 4
Probabilitas Status Mesin Root Washer

	Probabilitas			
	Baik π_1	Kerusakan Ringan π_2	Kerusakan Sedang π_3	Kerusakan Berat π_4
P_0	0,5327	0,0585	0,1816	0,2231
P_1	0,5169	0,1736	0,0877	0,2191
P_2	0,7009	0,0588	0,0588	0,1773
P_3	0,6643	0,1107	0,0552	0,1162
P_4	0,6525	0,0723	0,0723	0,1994

Tabel 5
Analisa Biaya

Keputusan	Status	Biaya
1. Tidak melakukan tindakan perawatan	1, 2, 3, 4	0
2. Perawatan pencegahan	1, 2, 3, 4	Rp. 1.462.500,-
3. Perawatan korektif	1, 2, 3, 4	Rp. 6.881.250,-

- P_0 (Perawatan Korektif Status 4)
 $E_1^0 = 0,2231$ (Rp. 6.881.250,-)
 $= \text{Rp. } 1.535.206.875,-$
 $= \text{Rp. } 1.535.207,-$
- P_1 (Perawatan Korektif Status 4 dan Perawatan Pencegahan Status 3)
 $E_1^1 = 0,2191$ (Rp. 6.881.250,-) +
 $0,0877$ (Rp. 1.462.500,-)
 $= \text{Rp. } 1.635.943.125,-$
 $= \text{Rp. } 1.635.943,-$
- P_2 (Perawatan Korektif Status 3 dan 4 serta Perawatan Pencegahan Status 2)
 $E_2^2 = 0,0588$ (Rp. 6.881.250,-) +
 $0,1773$ (Rp. 6.881.250,-) + $0,0588$ (Rp. 1.462.500,-)
 $= \text{Rp. } 1.710.658.125,-$
 $= \text{Rp. } 1.710.658,-$

- P_3 (Perawatan Korektif Status 4 serta Perawatan Pencegahan Status 2 dan 3)
 $E_3^3 = 0,1162$ (Rp. 6.881.250,-) +
 $0,1107$ (Rp. 1.462.500,-) + $0,0552$ (Rp. 1.462.500,-)
 $= \text{Rp. } 1.042.230,-$

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

- Perawatan mesin untuk Root Washer adalah Perencanaan Perawatan Korektif pada status berat, dan Perawatan Pencegahan pada status ringan dan sedang.
- Biaya Perawatan Usulan yang terjadi mesin Root Washer adalah Rp. 1.042.230,-
 Sehingga dihasilkan penghematan biaya untuk mesin sebesar Rp. 492.977,-

DAFTAR PUSTAKA

Handi A, Taha, 1996, **Riset Operasi, Jilid 2**, Penerbit Binarupa Aksara, Jakarta.
 Sofyan Assauri, 1980, **Manajemen Produksi, Edisi ketiga**, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
 Ross, Sheldon M, 1985, **Introduction of Probability Models**, California.
 Tijms, Henk C, 1995, **Stochastic Models**, Amsterdam.
 Tjutju, T Dimiyati, Ahmad Dimiyati, 1995, **Operation Research Model-Model**