

ANALYSIS OF MACHINE MAINTENANCE USING MARKOV CHAIN METHOD FOR REDUCING MAINTENANCE COST

Setya Adi Pratama¹, Boy Isma Putra²

^{1,2} Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

E-mail : ¹setyaadip@gmail.com, ²boy@umsida.ac.id

Abstract - PT. Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk. (SPINDO Unit IV) is a company engaged in manufacturing welding spiral pipe production. In 2019 there was an increase in maintenance costs compared to 2018, which in 2018 amounted to Rp 305.180.000 to Rp 329.940.000 in 2019, which mean an increase of Rp 24.760.000 or 8%. Based on those problems, the purpose of this study is to determine the policies that should implemented to reduce maintenance costs. The method used is markov chain method. By using the markov chain method, it can be determined the best policy that can lead to lower maintenance costs, whether preventive maintenance or corrective maintenance. So that the company can determine the best maintenance policy for the future. The result obtained from using the markov chain method for this research are that maintenance on the roller machine results in a saving of Rp 68.000.000 compared to initial maintenance costs, maintenance on the welding machine results in a saving of Rp 36.650.000 compared to initial maintenance costs, maintenance on the cutting machine results in a saving of Rp 54.020.000 compared to initial maintenance costs.

Keywords — *Machine Maintenance, Cost of Maintenance, Markov Chain.*

1. PENDAHULUAN

PT. Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk. (SPINDO) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur produksi pipa spiral lasan. Pada tahun 2019, perusahaan mengalami kenaikan biaya perawatan yang harus dikeluarkan dibandingkan dengan biaya perawatan pada tahun 2018, yaitu sebesar Rp 25.960.000. Yang menunjukkan adanya tren kenaikan terhadap biaya perawatan.

Biaya perawatan mesin rol pada tahun 2018 sebesar Rp 137.980.000, sedangkan pada tahun 2019 sebesar Rp 146.180.000, yang berarti mengalami kenaikan sebesar Rp 9.000.000 atau 7% dibanding tahun sebelumnya. Biaya perawatan mesin las pada tahun 2018 sebesar Rp 65.330.000, sedangkan pada tahun 2019 sebesar Rp 70.820.000, yang berarti mengalami kenaikan sebesar Rp 5.490.000 atau 8% dibanding tahun sebelumnya. Biaya perawatan mesin potong pada tahun 2018 sebesar Rp 101.870.000, sedangkan pada tahun 2019 sebesar Rp 112.140.000, yang berarti mengalami kenaikan sebesar Rp 10.270.000 atau 10% dibanding tahun sebelumnya (data perusahaan yang telah diolah). Rata-rata kenaikan biaya perawatan tahunan adalah 4,5%, sehingga ketiga mesin tersebut mengalami kenaikan biaya perawatan diatas rata-rata [1].

Dari permasalahan yang dikemukakan diatas, maka dibutuhkan alternatif kebijakan perawatan guna menurunkan biaya perawatan yang dialami perusahaan. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kebijakan yang sebaiknya diambil guna menurunkan biaya perawatan mesin.

Metode *markov chain* dapat memperkirakan kemungkinan perubahan kondisi mesin berdasarkan pada keadaan saat ini, sehingga dalam mengambil keputusan dapat diketahui kapan waktu perawatan terbaik untuk dilakukan [2].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Definisi Perawatan

Definisi perawatan merupakan semua kegiatan yang bertujuan guna menjaga kondisi mesin dan juga memulihkan kondisi mesin sehingga mesin dapat menjadi kondisi awal, setelah beberapa waktu penggunaan [3]. Kegiatan perawatan membentuk konsep, kriteria, dan kebutuhan teknis pada pemenuhan dan menjaga status buat efektifitas pada mendukung kinerja mesin. Kegiatan perawatan yang dilakukan pada suatu perusahaan bisa dibedakan atas enam macam [4], yaitu :

1. Perawatan pencegahan dikenal juga menggunakan *preventive maintenance*, yang adalah aktivitas yang terencana, periodik, dan mempunyai jadwal yang khusus buat menjaga mesin pada syarat siap digunakan melalui aktivitas pengecekan dan perawatan berkala [3].
2. Perawatan korektif merupakan pekerjaan perawatan yang dilakukan tanpa berkala buat mengembalikan keadaan yang diinginkan dan dilakukan sehabis operator mesin mengetahui terjadinya penurunan kinerja yang cukup signifikan [3].

3. Perawatan berjalan adalah pekerjaan perawatan yang dilakukan waktu fasilitas atau alat-alat pada keadaan bekerja. Perawatan berjalan diterapkan dalam alat-alat-alat-alat yang wajib beroperasi secara monoton buat menjalankan proses produksi.
4. Perawatan prediktif adalah perawatan yang bersifat prediksi, pada hal ini adalah penilaian menurut perawatan berkala. Pendeteksian ini bisa dinilai menurut indikator-indikator yang terpasang dalam instalasi suatu indera dan jua bisa melakukan pengecekan buat menambah data dan tindakan perawatan selanjutnya.
5. Perawatan darurat adalah aktivitas perawatan yang dilakukan lantaran adanya mesin yang mengalami kerusakan yang nir terduga.
6. Perawatan waktu terjadi kerusakan merupakan aktivitas perawatan yang dilakukan waktu telah terjadi kerusakan dalam mesin atau alat-alat kerja sebagai akibatnya mesin tadi nir bisa beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total pada syarat mendadak.

2.2 Status Mesin

Keadaan suatu mesin akan dikelompokkan menurut status mesin tadi. Status yang dimaksud merupakan taraf kesiapan mesin pada menjalankan manfaatnya menjadi mana mestinya. Setelah dilakukan pemeriksaan, mesin ini dapat digolongkan sebagai empat status [2], yaitu:

1. Status baik. Suatu mesin bisa dianggap berada pada status baik bila mesin tadi bisa beroperasi menggunakan baik tanpa adanya kerusakan sedikit pun, misalnya keadaan dalam mesin baru. Status ini dianggap status 1.
2. Status kerusakan ringan. Suatu mesin bisa dikatakan pada status kerusakan ringan bila mesin tadi bisa beroperasi menggunakan baik, tetapi terjadi beberapa kerusakan-kerusakan kecil. Kerusakan yang disebabkan nisbi ringan menggunakan porto perawatan nisbi kecil, dan saat perawatan bisa dilakukan menggunakan singkat. Pada kerusakan ringan, umumnya dilakukan pencucian ataupun dilakukan penggantian dalam beberapa komponen. Status ini dianggap status 2.
3. Status kerusakan sedang. Suatu mesin bisa dikatakan dalam status kerusakan sedang bila mesin tadi bisa beroperasi akan tetapi menggunakan keadaan yang mengkhawatirkan. Kerusakan sedang termasuk seluruh aktivitas yang dilakukan pada kerusakan ringan akan namun pembongkaran dilakukan terhadap lebih

menurut tiga unit. Status ini dianggap status tiga.

4. Status kerusakan berat. Suatu mesin bisa dikatakan berada pada status kerusakan berat bila mesin tadi nir bisa beroperasi sebagai akibatnya proses produksi berhenti, saat perawatan nisbi usang menggunakan porto perawatan nisbi besar, dan juga diikuti menggunakan penggantian komponen (*overhaul*). Status ini dianggap status 4.

2.3 Metode Markov Chain

Markov chain [3], adalah contoh matematika yang merepresentasikan sebuah sistem antara kerusakan korektif dan periode preventif. Metode ini dipakai buat memprediksi kesediaan dan sistem probabilitas sistem. Proses ini memperkirakan perubahan-perubahan pada saat yang akan datang, menurut perubahan-perubahan pada saat yang lalu. Markov mencapai status keadaan permanen ditandai menggunakan pemanfaatan pada jangka panjang yang nir bergantung dalam status awal menurut sistemnya. Metode *markov chain* dibagi sebagai beberapa bagian :

1. Metode *stage* terbatas, metode ini dipakai buat mengatasi duduk perkara yang mempunyai saat atau *stage* terbatas, yang umumnya dituliskan menggunakan batasan hingga n bulan/tahun [5].
2. Metode Enumerasi Sempurna, metode enumerasi sempurna yang mengemunisasi semua kebijakan usulan, sampai diperoleh solusi optimumnya. Metode ini dipakai buat merampungkan duduk perkara yang mempunyai saat atau *stage* nir terbatas, walaupun begitu metode iini hanya bisa dipakai bila kebijakan usulannya tidak terlalu banyak, sebagai akibatnya masih sanggup dihitung [5].
3. Metode *Policy Iteration* Tanpa Potongan, *policy iteration* merupakan prosedur pemecahan pada penguatan pembelajaran, yang membantu pada menyelidiki kebijakan paling optimal yang memaksimalkan laba jangka panjang. Teknik ini sering bermanfaat waktu masih ada banyak opsi yang wajib dipilih, yang mana tiap pilihan mempunyai laba dan resikonya. Metode ini berfungsi buat mengatasi kekurangan yang masih ada dalam metode enumerasi sempurna [5].

2.4 Pengumpulan Data

Kegiatan penelitian akan dilakukan bertempat di PT. Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk. (SPINDO Unit IV) di Ds. Cangkringmalang,

Kec. Beji, Kab. Pasuruan, pada departemen produksi dan dilakukan selama tujuh bulan mulai dari bulan Oktober 2021 sampai bulan April 2022. Pada kegiatan penelitian kali ini akan menggunakan metode penelitian kuantitatif, sehingga pengelompokan data informasi yang didasarkan pada sumber yang digunakan, yaitu :

1. Data primer, diperoleh melalui observasi dan wawancara. Untuk pihak yang diwawancarai adalah teknisi lapangan karena mereka adalah pihak yang mengetahui secara langsung kondisi dari tiap mesin. Selain itu digunakan juga data observasi berupa data produksi, data kerusakan, data mesin yang mengalami perubahan status, data-data administrasi dan keuangan perusahaan, dalam hal ini data biaya-biaya perawatan.

2. Data sekunder, yang dikumpulkan berupa buku dan jurnal penelitian terdahulu, yang digunakan sebagai sumber literasi untuk melakukan pengolahan data yang telah didapatkan.

Penelitian ini hanya ditujukan pada tiga jenis mesin, yaitu mesin rol, mesin las, dan mesin potong yang merupakan mesin dengan biaya perawatan tertinggi. Data yang digunakan merupakan data yang diambil dari kegiatan perawatan mesin produksi yang berlangsung pada Januari hingga Desember 2019.

2.5 Pengolahan Data

Langkah yang dilakukan dalam melakukan pengolahan data, yaitu :

1. Penentuan mesin paling kritis. Melakukan penentuan mesin yang dalam dua tahun terakhir mengalami kenaikan biaya perawatan diatas rata-rata. Dalam penelitian kali ini didapatkan tiga mesin yang memiliki biaya perawatan yang paling tinggi, yaitu mesin rol, mesin las, dan mesin potong.
2. Usulan perawatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Usulan Perbaikan

Policy	d1(P)	d2(P)	d3(P)	d4(P)
P1	1	1	2	3
P2	1	2	3	3
P3	1	2	2	3
P4	1	1	3	3

(Sumber: [2])

Tabel 2 Keterangan Dari Usulan Kebijakan Usulan

Keputusan	Tindakan yang Dilakukan
1	Tidak melakukan perawatan (status mesin tidak berubah)
2	Dilakukan perawatan pencegahan (status mesin naik ke status diatasnya)
3	Dilakukan perawatan korektif (status mesin menjadi baik)

(Sumber: [6])

3. Penentuan asumsi status dan kondisi kerusakan mesin. Setelah diketahui mesin yang akan dijadikan objek penelitian, maka selanjutnya adalah

menentukan asumsi status dan kondisi kerusakan mesin dalam satu tahun terakhir.

4. Pembuatan probabilitas transisi. Penentuan status dan membuat probabilitas transisi dari masing-masing usulan, berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{ij} = \frac{m_{ij}}{m_j} \quad (2.1)$$

(Sumber: [5])

5. Matriks transisi status kerusakan mesin, setelah itu probabilitas transisi yang telah didapatkan dituliskan dalam bentuk matriks.

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{bmatrix}$$

(Sumber: [5])

6. Penentuan probabilitas status kerusakan mesin, matriks yang telah dibuat kemudian akan dituliskan dalam bentuk persamaan, dan dengan menggunakan persamaan linear akan diperoleh probabilitas setiap status.

$$\begin{array}{rccccr} P_{11}x_1 & +P_{21}x_2 & +P_{31}x_3 & +P_{41}x_4 & =x_1 \\ P_{12}x_1 & + & + & + & = x_2 \\ & P_{22}x_2 & P_{32}x_3 & P_{42}x_4 & \\ P_{13}x_1 & + & + & + & = x_3 \\ & P_{23}x_2 & P_{33}x_3 & P_{43}x_4 & \\ P_{14}x_1 & + & + & + & = x_4 \\ & P_{24}x_2 & P_{34}x_3 & P_{44}x_4 & \\ x_1 & + x_2 & + x_3 & + x_4 & = 1 \end{array}$$

(Sumber: [5])

7. Perhitungan biaya, dari probabilitas setiap status yang telah diperoleh, kemudian ditentukan estimasi biaya perawatan yang didapatkan, menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Biaya Status Baik} \\ \text{Biaya Status Ringan} \\ \text{Biaya Status Sedang} \\ \text{Biaya Status Buruk} \end{bmatrix}$$

(Sumber: [5])

8. Analisa data. Setelah mengetahui biaya estimasi dari masing-masing usulan, kemudian ditentukan usulan yang memiliki biaya estimasi yang paling rendah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dikumpulkan pada penelitian kali ini adalah data biaya perawatan, dan data status mesin. Mesin yang dijadikan objek penelitian kali ini adalah mesin rol, mesin las, dan mesin potong, yang

dimana tiap mesin akan menggunakan 4 usulan kebijakan perawatan berdasarkan tabel 1.

3.1 Mesin Rol Usulan Kebijakan 1

Berikut ini merupakan pengolahan data pada mesin rol usulan kebijakan 1 :

1. Status Asumsi

Status awal kondisi mesin dirubah menjadi status asumsi. Sehingga didapatkan status asumsi sebagai berikut :

Tabel 3 Status Asumsi Mesin Rol Kebijakan Usulan 1

Bulan	Status Mesin			
	Baik	Ringan	Sedang	Buruk
Jan-19		V		
Feb-19		V		
Mar-19			V	
Apr-19		V		
Mei-19		V		
Jun-19				V
Jul-19	V			
Agust-19		V		
Sep-19		V		
Okt-19		V		
Nov-19			V	
Des-19		V		

2. Probabilitas Transisi

Setelah didapatkan status asumsi dari tiap usulan, kemudian dihitung probabilitas perubahan tiap transisi status kerusakan mesin.

Tabel 4 Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin Rol Kebijakan Usulan 1

i	j			
	1 (j)	2 (j)	3 (j)	4 (j)
Baik	0	1	0	0
Ringan	0	0,63	0,25	0,12
Sedang	0	1	0	0
Berat	1	0	0	0

3. Matriks Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin

Setelah didapatkan probabilitas perubahan tiap transisi, kemudian dituliskan dalam bentuk matriks, sebagai berikut :

$$[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0,63 & 0,25 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. Persamaan Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin

Matriks yang telah dibuat kemudian akan dituliskan dalam bentuk persamaan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 0 & +0 & +0 & +x_4 & = x_1 \\ x_1 & +0,63x_2 & +x_3 & +0 & = x_2 \\ 0 & +0,25x_2 & +0 & +0 & = x_3 \\ 0 & +0,12x_2 & +0 & +0 & = x_4 \end{aligned}$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

5. Probabilitas Status Kerusakan Mesin Dengan menggunakan persamaan linear, diperoleh probabilitas setiap status sebagai berikut:

$$x_1 = 0,08, x_2 = 0,67, x_3 = 0,17, x_4 = 0,08$$

6. Ekspektasi Biaya Perawatan

Dari probabilitas setiap status yang telah diperoleh, kemudian ditentukan estimasi biaya perawatan yang didapatkan, sebagai berikut:

$$[0,08 \ 0,67 \ 0,17 \ 0,08] \begin{bmatrix} \text{Rp } 0 \\ \text{Rp } 70.860.000 \\ \text{Rp } 44.600.000 \\ \text{Rp } 31.520.000 \end{bmatrix}$$

$$= \text{Rp } 133.810.000$$

Sehingga ekspektasi biaya perawatan mesin rol pada usulan kebijakan 1 adalah sebesar Rp 133.810.000.

3.2 Mesin Las Usulan Kebijakan 1

Berikut ini merupakan pengolahan data pada mesin las usulan kebijakan 1 :

1. Status Asumsi

Status awal kondisi mesin dirubah menjadi status asumsi. Sehingga didapatkan status asumsi sebagai berikut :

Tabel 5 Status Asumsi Mesin Las Kebijakan Usulan 1

Bulan	Status Mesin			
	Baik	Ringan	Sedang	Buruk
Jan-19			V	
Feb-19		V		
Mar-19			V	
Apr-19		V		
Mei-19				V
Jun-19	V			
Jul-19		V		
Agust-19		V		
Sep-19		V		
Okt-19		V		
Nov-19		V		
Des-19		V		

2. Probabilitas Transisi

Setelah didapatkan status asumsi dari tiap usulan, kemudian dihitung probabilitas perubahan tiap transisi status kerusakan mesin.

Tabel 6 Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin Las Kebijakan Usulan 1

I	j			
	1 (j)	2 (j)	3 (j)	4 (j)
Baik	0	1	0	0
Ringan	0	0,63	0,25	0,12
Sedang	0	1	0	0
Berat	1	0	0	0

3. Matriks Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin

Setelah didapatkan probabilitas perubahan tiap transisi, kemudian dituliskan dalam bentuk matriks, sebagai berikut :

$$[x1 \ x2 \ x3 \ x4] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0,63 & 0,25 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. Persamaan Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin

Matriks yang telah dibuat kemudian akan dituliskan dalam bentuk persamaan, sebagai berikut:

$$\begin{array}{rccccrc} 0 & +0 & +0 & +x4 & = & x1 \\ x1 & +0,63x2 & +x3 & +0 & = & x2 \\ 0 & +0,25x2 & +0 & +0 & = & x3 \\ 0 & +0,12x2 & +0 & +0 & = & x4 \\ x1 & +x2 & +x3 & +x4 & = & 1 \end{array}$$

5. Probabilitas Status Kerusakan Mesin

Dengan menggunakan persamaan linear, diperoleh probabilitas setiap status sebagai berikut:

$$x1 = 0,08, x2 = 0,67, x3 = 0,17, x4 = 0,08$$

6. Ekspektasi Biaya Perawatan

Dari probabilitas setiap status yang telah diperoleh, kemudian ditentukan estimasi biaya perawatan yang didapatkan, sebagai berikut:

$$[0,08 \ 0,67 \ 0,17 \ 0,08] \begin{bmatrix} \text{Rp } 0 \\ \text{Rp } 35.500.000 \\ \text{Rp } 20.480.000 \\ \text{Rp } 14.840.000 \end{bmatrix} = \text{Rp } 66.900.000$$

Sehingga ekspektasi biaya perawatan mesin rol pada usulan kebijakan 1 adalah sebesar Rp 66.900.000.

3.3 Mesin Potong Usulan Kebijakan 1

Berikut ini merupakan pengolahan data pada mesin potong usulan kebijakan 1 :

1. Status Asumsi

Status awal kondisi mesin dirubah menjadi status asumsi. Sehingga didapatkan status asumsi sebagai berikut :

Tabel 7 Status Asumsi Mesin Las Kebijakan Usulan 1

Bulan	Status Mesin			
	Baik	Ringan	Sedang	Buruk
Jan-19		V		
Feb-19				V
Mar-19	V			
Apr-19		V		
Mei-19				V
Jun-19	V			
Jul-19		V		
Agust-19		V		
Sep-19			V	
Okt-19	V			
Nov-19		V		
Des-19			V	

2. Probabilitas Transisi

Setelah didapatkan status asumsi dari tiap usulan, kemudian dihitung probabilitas perubahan tiap transisi status kerusakan mesin.

Tabel 8 Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin Las Kebijakan Usulan 1

i	j	1 (j)	2 (j)	3 (j)	4 (j)
		Baik	Ringan	Sedang	Berat
Baik		0	1	0	0
Ringan		0	0,33	0,33	0,33
Sedang		1	0	0	0
Berat		1	0	0	0

3. Matriks Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin

Setelah didapatkan probabilitas perubahan tiap transisi, kemudian dituliskan dalam bentuk matriks, sebagai berikut :

$$[x1 \ x2 \ x3 \ x4] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. Persamaan Probabilitas Transisi Status Kerusakan Mesin

Matriks yang telah dibuat kemudian akan dituliskan dalam bentuk persamaan, sebagai berikut:

$$\begin{array}{rccccrc} 0 & +0 & +x3 & +x4 & = & x1 \\ x1 & +0,33x2 & +0 & +0 & = & x2 \\ 0 & +0,33x2 & +0 & +0 & = & x3 \\ 0 & +0,33x2 & +0 & +0 & = & x4 \\ x1 & +x2 & +x3 & +x4 & = & 1 \end{array}$$

5. Probabilitas Status Kerusakan Mesin
Dengan menggunakan persamaan linear, diperoleh probabilitas setiap status sebagai berikut:

$$x_1 = 0,25, x_2 = 0,42, x_3 = 0,17, x_4 = 0,16$$

6. Ekspektasi Biaya Perawatan
Dari probabilitas setiap status yang telah diperoleh, kemudian ditentukan estimasi biaya perawatan yang didapatkan, sebagai berikut:

$$[0,25 \quad 0,42 \quad 0,17 \quad 0,16] \times \begin{bmatrix} \text{Rp } 0 \\ \text{Rp } 39.240.000 \\ \text{Rp } 32.580.000 \\ \text{Rp } 40.320.000 \end{bmatrix}$$

= Rp 83.140.000

Sehingga ekspektasi biaya perawatan mesin rol pada usulan kebijakan 1 adalah sebesar Rp 83.140.000.

3.4 Analisa Data Mesin Rol

Berdasarkan pengolahan data pada mesin rol yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Biaya perawatan awal sebesar Rp 146.980.000.
2. Biaya perawatan usulan 1 sebesar Rp 133.810.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 13.170.000 atau 8,9% dibanding biaya perawatan awal.
3. Biaya perawatan usulan 2 sebesar Rp 78.980.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 68.000.000 atau 46,3% dibanding biaya perawatan awal.
4. Biaya perawatan usulan 3 sebesar Rp 83.320.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 63.660.000 atau 43,3% dibanding biaya perawatan awal.
5. Biaya perawatan usulan 4 sebesar Rp 111.370.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 35.610.000 atau 24,2% dibanding biaya perawatan awal.

Sehingga, perawatan pada mesin rol yang diusulkan adalah usulan 2 yaitu perawatan pencegahan pada status ringan dan pemeliharaan korektif pada status sedang dan berat.

3.5 Analisa Data Mesin Las

Berdasarkan pengolahan data pada mesin las yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Biaya perawatan awal sebesar Rp 70.820.000.
2. Biaya perawatan usulan 1 sebesar Rp 66.900.000, sehingga menghasilkan penghematan

sebesar Rp 3.990.000 atau 5,6% dibanding biaya perawatan awal.

3. Biaya perawatan usulan 2 sebesar Rp 34.170.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 36.650.000 atau 51,7% dibanding biaya perawatan awal.

4. Biaya perawatan usulan 3 sebesar Rp 49.970.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 20.850.000 atau 29,4% dibanding biaya perawatan awal.

5. Biaya perawatan usulan 4 sebesar Rp 52.700.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 18.120.000 atau 25,5% dibanding biaya perawatan awal.

Sehingga, perawatan pada mesin las yang diusulkan adalah usulan 2 yaitu perawatan pencegahan pada status ringan dan perawatan korektif pada status sedang dan berat, atau usulan 3 yaitu perawatan pencegahan pada status baik dan sedang serta pemeliharaan korektif pada status berat.

3.6 Analisa Data Mesin Potong

Berdasarkan pengolahan data pada mesin potong yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Biaya perawatan awal sebesar Rp 112.140.000.
2. Biaya perawatan usulan 1 sebesar Rp 83.140.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 29.000.000 atau 25,9% dibanding biaya perawatan awal.
3. Biaya perawatan usulan 2 sebesar Rp 58.120.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 54.020.000 atau 48,2% dibanding biaya perawatan awal.
4. Biaya perawatan usulan 3 sebesar Rp 58.120.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 54.020.000 atau 48,2% dibanding biaya perawatan awal.
5. Biaya perawatan usulan 4 sebesar Rp 83.140.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 29.000.000 atau 25,9% dibanding biaya perawatan awal.

Sehingga, perawatan pada mesin potong yang diusulkan adalah usulan 2 yaitu perawatan pencegahan pada status ringan dan perawatan korektif pada status sedang dan berat, atau usulan 3 yaitu perawatan pencegahan pada status baik dan sedang serta pemeliharaan korektif pada status berat.

4. SIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yakni sebagai berikut:

Perawatan pada mesin rol yang diusulkan adalah usulan 2 yaitu perawatan pencegahan pada status ringan dan pemeliharaan korektif pada status sedang dan berat. Yang menghasilkan biaya perawatan usulan sebesar Rp 78.980.000, sehingga

menghasilkan penghematan sebesar Rp 68.000.000 atau 46,3% dibanding biaya perawatan awal.

Perawatan pada mesin las yang diusulkan adalah usulan 2 yaitu perawatan pencegahan pada status ringan dan perawatan korektif pada status sedang dan berat, atau usulan 3 yaitu perawatan pencegahan pada status baik dan sedang serta pemeliharaan korektif pada status berat. Yang menghasilkan biaya perawatan usulan sebesar Rp 34.170.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 36.650.000 atau 51,7% dibanding biaya perawatan awal.

Perawatan pada mesin potong yang diusulkan adalah usulan 2 yaitu perawatan pencegahan pada status ringan dan perawatan korektif pada status sedang dan berat, atau usulan 3 yaitu perawatan pencegahan pada status baik dan sedang serta pemeliharaan korektif pada status berat. Yang menghasilkan biaya perawatan usulan sebesar Rp 58.120.000, sehingga menghasilkan penghematan sebesar Rp 54.020.000 atau 48,2% dibanding biaya perawatan awal.

5. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran, yaitu: Bagi perusahaan, manajemen perusahaan perlu melakukan evaluasi terhadap kegiatan perawatan yang selama ini dijalankan dan dapat mempertimbangkan untuk menerapkan metode *markov chain* dalam melaksanakan manajemen

perawatan mesin, guna menurunkan biaya perawatan. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan data yang memiliki waktu lebih dari satu tahun, untuk menghasilkan pengolahan data yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Krstic, Hrvoje, dan Marenjak, Sasa. (2018). "Analysis of Building Operation and Maintenance Costs". *Gradevinar* Vol. 64, No. 4, hal 293-303.
- [2] Priambodo, Bambang. (2018). "*Minimalisasi Biaya Maintenance Lift Menggunakan Metode Markov*". *Jurnal Valtech*, Vol.01. No2, hal 12-16.
- [3] Dhillon, B. S. (2002). "*Engineering Maintenance : A Modern Approach*". Florida: CRC Press LLC.
- [4] Sudrajat, Ating, dan Rahmatullah, Griffani Megiyanto. (2020). "*Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*". Bandung: PT Refika Aditama.
- [5] Dimiyati, Tjutju Tarlihah, dan Dimiyati, Ahmad. (1999). "*Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan*". Bandung: PT Sinar Baru.
- [6] Maulana, Dimas Surya. (2019). "*Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Markov Chain di PT. Karyamitra Budisentosa Pandaan*". Malang: Institut Teknologi Negeri Malang.