

MINIMALISASI BIAYA *MAINTENANCE LIFT* MENGUNAKAN METODE MARKOV

Bambang Priambodo

Program Studi Teknik Industri S.1, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : bambangrpl@gmail.com

Abstrak, Minimalisasi Biaya *Maintenece* Pada *Lift* Dengan Menggunakan Metode Markov Di PT. Panji Teknologi *Services* Semarang. Permasalahan yang ada diperusahaan tersebut adalah meningkatnya biaya *maintenance* pada *lift* tahun 2016 sebesar Rp 64.963.800,- yang telah melampaui biaya standar *maintenance* perusahaan sebesar Rp 50.000.000,-. Tujuan penelitian ini adalah untuk meminimalisasi biaya *maintenance lift* tersebut. Dengan adanya masalah tersebut maka akan dilakukan perencanaan *maintenance lift* menggunakan metode Markov dengan harapan dapat meminimumkan biaya *maintenance*. Dari hasil analisa yang didapat berdasarkan biaya rata-rata ekpektasi *maintenance* usulan P_1 memiliki biaya paling rendah dibanding usula lainnya yaitu sebesar Rp 10.023.194,- . Jadi untuk meminimalkan biaya *maintenance* maka dilakukan tindakan *maintenance* usulan P_1 yaitu *maintenance* korektif pada kondisi kerusakan berat (mesin rusak tidak dapat beroperasi) dan *maintenance* preventif pada kondisi kerusakan sedang (mesin rusak masih dapat beroperasi). Dimana meminimalkan biaya berdasarkan biaya rata-rata ekpektasi sebesar Rp 3.484.252,- atau 25.8 % dalam jangka waktu 1 tahun.

Kata Kunci : *Markov, Perawatan Mesin, Biaya Perawatan, Perencanaan Pemeliharaan*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang semakin cepat dan mutakhir mengakibatkan kebutuhan akan tenaga manusia mulai digeser untuk digantikan dengan mesin atau peralatan produksi lainnya. Untuk menjaga mesin-mesin tersebut dapat digunakan dengan sebaik mungkin dibutuhkan kegiatan pemeliharaan mesin yang kontinyu. (Wastana, 2016).

Pada awal tahun 2001, PT. Panji Teknologi *Services* mulai mengembangkan bisnisnya dalam jalur perawatan dan perbaikan *lift, escalator* dan *elevator*. Adapun kerusakan yang sering terjadi pada *lift* memberikan dampak kepada perusahaan dengan meningkatnya biaya *maintenance*. Kerusakan yang sering terjadi yaitu terdapat pada *lift*. Dimana alat tersebut merupakan komponen yang sangat penting dari *lift* karena tanpa alat tersebut *lift* tidak akan dapat digunakan/dioperasikan.

Adapun biaya *maintenance* pada tahun 2016 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Biaya *Maintenance Lift* Tahun 2016

Bulan	<i>Maintenance</i> Tahun	Biaya (Rp)
1	Perawatan	1.375.000
	Perbaikan <i>Circuit Breaker</i> Penggantian <i>Fuse</i> (1 unit)	800.000 15.000
2	Perawatan	1.375.000
3	Perawatan	1.375.000
4	Perawatan	1.375.000
	Penggantian <i>Relay</i> (2 unit) Penggantian <i>Fuse</i> (2 unit)	100.000 30.000
5	Perawatan	1.375.000
	Penggantian <i>Fuse</i> (1 unit)	15.000
6	Perawatan	1.375.000
	Perbaikan <i>Circuit Breaker</i>	800.000
7	Perawatan	1.375.000
8	Perawatan	1.375.000
	Penggantian Kontraktor 3 <i>phase</i> (3 unit)	1.800.000
	Penggantian Lampu <i>Lift</i> (3 unit) Perbaikan <i>Circuit Breaker</i>	300.000 800.000
9	Perawatan	1.375.000
	<i>Relay</i> (2 unit)	100.000
10	Perawatan	1.375.000
	Penggantian <i>Fuse</i> (2 unit)	30.000
11	Perawatan	1.375.000
	Penggantian MCB 3 <i>phase</i> (1 unit)	900.000
	Perbaikan <i>Switch Breaker</i> + Kabel Kontraktor	900.000
12	Perawatan	1.375.000
	<i>Overhole</i> :	
	<i>Switch Governoor</i>	4.500.000
	<i>Invertor Door Motor</i>	15.000.000
	<i>Push Button</i>	700.000
	<i>Power Supply Buzzer</i>	2.000.000
	<i>Battery ARD</i> 6 unit	3.000.000
	<i>Timer</i>	800.000
Jasa + Part Tambahan	15.873.800	
	Total	64.963.800

(Sumber : PT. Panji Teknologi *Services*)

PT. PTS membuat standar biaya *maintenance* sebesar Rp 50.000.000,- setiap unit *lift* selama 1 tahun. Total biaya *maintenance* pada tahun 2016 Rp 63.953.800,-. Total biaya tersebut telah melampaui dari standar biaya *maintenance* perusahaan yaitu sebesar Rp 50.000.000,- yang artinya telah terjadi peningkatan biaya *maintenance*.

Dengan adanya masalah pada perusahaan tersebut, maka dilakukan perencanaan pemeliharaan mesin dengan metode Markov. Markov adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel-variabel di waktu yang lalu. (Rr. Rochmeljati, 2012). Dalam proses Markov, kemungkinan berubah dari suatu keadaan ke keadaan yang lain hanya tergantung pada keadaan saat ini.

Metode ini menggunakan angka probabilitas dimana angka tersebut melambangkan kemungkinan, maka semuanya melupakan bilangan non negatif dan tidak lebih dari satu. Secara matematis :

$$0 < p_{ij} < 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum p_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Dalam proses operasinya suatu item akan mengalami beberapa kemungkinan transisi status yang berubah dari satu status ke status yang lain.

METODE

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana meminimumkan biaya maintenance pada lift. Maka penelitian ini bertujuan untuk meminimumkan biaya maintenance pada lift dengan cara melakukan analisa menggunakan metode markov.

Sebelum melakukan pengolahan data dilakukan pengumpulan data maintenance lift tahun 2016 untuk menentukan banyaknya jumlah mesin berdasarkan kondisi kerusakannya. Selanjutnya melakukan pengolahan data dengan menghitung probabilitas lift 1 tahun yang dimana untuk menghitung probabilitas keadaan mapan (steady state) pada perencanaan maintenance usulan. Perhitungan probabilitas menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{ij} = (a_{ij}) / (\sum a_{ij})$$

Dimana :

a_{ij} = banyaknya perubahan kondisi mesin dari state-i ke state-j

i = state kondisi saat ini

j = state kondisi priode mendatang

Keputusan-keputusan yang diambil dalam menentukan perawatan dapat dilihat sebagai berikut:

- P₀. Pemeliharaan korektif pada status 4.
- P₁. Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 3.
- P₂. Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4 serta pemeliharaan pencegahan pada status 2.
- P₃. Pemeliharaan korektif pada status 3 dan pemeliharaan pencegahan pada status 2 dan 3.

- P₄. Pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4.

Dimana P₀ adalah pemeliharaan yang dilakukan perusahaan, yang merupakan matrik transisi awal sedangkan P₁, P₂, P₃, dan P₄ adalah usulan pemeliharaan yang didapat dari perubahan pada matrik awal sesuai dengan tindakan yang dilakukan. Status dan kondisi kerusakan dapat dilihat sebagai berikut :

1. Kondisi mesin baik
2. Kerusakan ringan
3. Kerusakan sedang
4. Kerusakan berat

Kemudian menghitung biaya rata-rata ekpektasi berdasarkan probabilitas maintenance usulan dan penghematan biaya maintenance usulan. Perhitungan dilakukan dengan cara mengkalikan probabilitas dengan biaya maintenance preventif dan korektif berdasarkan maintenance usulan yang sudah dibuat atau statusnya.

Setelah itu melakukan perencanaan maintenance usulan berdasarkan penghematan yang paling besar. Perhitungan ini akan menghasilkan persentase dari penghematan biaya pemeliharaan. Didapat dengan menggunakan rumus berikut :

$$\frac{\text{Biaya Perusahaan} - \text{Biaya Ekspetasi Termurah}}{\text{Biaya Maintenance Perusahaan}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk pengolahan data ditentukan banyaknya mesin lift berdasarkan kondisi statusnya (keadaan baik, kerusakan ringan, sedang, dan berat) dari data maintenance tahun 2016. Banyaknya mesin yang mengalami perubahan status dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2 Probabilitas Transisi

Bulan	Jumlah Mesin															
	B/B	B/Kr	B/Ks	B/Kb	Kr/Kb	Kr/Kr	Kr/Ks	Kr/Kb	Ks/B	Ks/Kr	Ks/Ks	Ks/Kb	Kb/B	Kb/Kr	Kb/Ks	Kb/Kb
1	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
9	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0

(Sumber : Data diolah)

Keterangan :

- B = Kondisi mesin baik
- Kr = Kondisi kerusakan ringan
- Ks = Kondisi kerusakan sedang
- Kb = Kondisi kerusakan berat

Tabel diatas menunjukkan status kondisi mesin setiap bulannya selama 1 tahun. Jadi probabilitasnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3 Probabilitas Mesin Lift

i \ j	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
P ₁	0.528	0.056	0.111	0.292
P ₂	0	0.222	0.056	0.722
P ₃	0	0	0.238	0.762
P ₄	1	0	0	0

(Sumber : Data diolah)

Tabel diatas merupakan probabilitas keadaan lift ditahun 2016. Selanjutnya menghitung keadaan mapannya. Maka probabilitas status untuk mesin lift dalam jangka panjang dan keadaan mapan dapat diolah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0.528 \pi_1 &+ \pi_4 = \pi_1 \\
 0.056 \pi_1 + 0.222 \pi_2 &= \pi_2 \\
 0.111 \pi_1 + 0.056 \pi_2 + 0.238 \pi_3 &= \pi_3 \\
 0.292 \pi_1 + 0.722 \pi_2 + 0.762 \pi_3 &= \pi_4 \\
 \text{Sehingga keadaan mapan mesin lift diperoleh :} \\
 \pi_1 = 0.59 \quad \pi_2 = 0.042 \quad \pi_3 = 0.151 \quad \pi_4 = 0.279
 \end{aligned}$$

Maintenance usulan yang akan dilakukan pada mesin lift, direncanakan untuk mendapatkan biaya maintenance yang minimal. Maka untuk semua perhitungannya digunakan probabilitas sebagai berikut :

Tabel 4 Probabilitas Mesin Lift

i \ j	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
P ₁	0.528	0.056	0.111	0.292
P ₂	0	0.222	0.056	0.722
P ₃	0	0	0.238	0.762
P ₄	1	0	0	0

(Sumber : Data diolah)

1. Maintenance korektif pada status 4 dan maintenance preventif pada status 3.

Probabilitas status untuk mesin lift dalam jangka panjang dan keadaan mapan dapat diolah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0.528 \pi_1 &+ \pi_4 = \pi_1 \\
 0.056 \pi_1 + 0.222 \pi_2 + \pi_3 &= \pi_2 \\
 0.111 \pi_1 + 0.056 \pi_2 &= \pi_3 \\
 0.292 \pi_1 + 0.722 \pi_2 &= \pi_4 \\
 \text{Sehingga diperoleh :} \\
 \pi_1 = 0.362 \quad \pi_2 = 0.362 \quad \pi_3 = 0.106 \quad \pi_4 = 0.171
 \end{aligned}$$

2. Maintenance korektif pada status 3 dan 4 serta maintenance preventif pada status 2.

Probabilitas status untuk mesin lift dalam jangka panjang dan keadaan mapan dapat diolah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0.528 \pi_1 + \pi_2 &+ \pi_3 + \pi_4 = \pi_1 \\
 0.056 \pi_1 &= \pi_2 \\
 0.111 \pi_1 &= \pi_3 \\
 0.292 \pi_1 &= \pi_4
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh :

$$\pi_1 = 0.686 \quad \pi_2 = 0.038 \quad \pi_3 = 0.0756 \quad \pi_4 = 0.2$$

3. Maintenance korektif pada status 4 serta maintenance preventif pada status 2 dan 3.

Probabilitas status untuk mesin lift dalam jangka panjang dan keadaan mapan dapat diolah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0.528 \pi_1 + \pi_2 &+ \pi_4 = \pi_1 \\
 0.056 \pi_1 &+ \pi_3 = \pi_2 \\
 0.111 \pi_1 &= \pi_3 \\
 0.292 \pi_1 &= \pi_4
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh :

$$\pi_1 = 0.637 \quad \pi_2 = 0.106 \quad \pi_3 = 0.071 \quad \pi_4 = 0.186$$

4. Maintenance korektif pada status 3 dan 4.

Probabilitas status untuk mesin lift dalam jangka panjang dan keadaan mapan dapat diolah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0.528 \pi_1 &+ \pi_3 + \pi_4 = \pi_1 \\
 0.056 \pi_1 + 0.222 \pi_2 &= \pi_2 \\
 0.111 \pi_1 + 0.056 \pi_2 &= \pi_3 \\
 0.292 \pi_1 + 0.722 \pi_2 &= \pi_4
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh :

$$\pi_1 = 0.654 \quad \pi_2 = 0.047 \quad \pi_3 = 0.075 \quad \pi_4 = 0.224$$

Selanjutnya menghitung biaya rata-rata ekpektasi maintenance yang dilakukan perusahaan dan maintenance usulan. Adapun biaya maintenance dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5 Biaya Maintenance Lift

No.	Keputusan	Biaya Maintenance (Rp/Tahun)
1	Tidak melakukan tindakan pemeliharaan	0
2	Pemeliharaan Preventif	16.500.000
3	Pemeliharaan Korektif	48.463.000

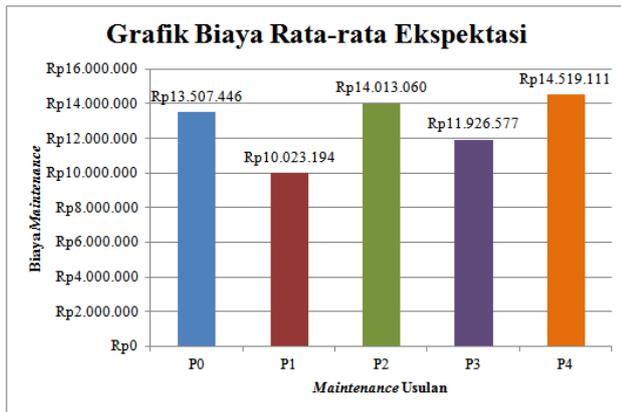
(Sumber : Data diolah)

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya terhadap probabilitas maintenance usulan yang sudah didapat. Adapun hasil perhitungannya sebagai berikut :

- P₀ (pemeliharaan korektif pada status 4)
= Rp 13.507.446,-
- P₁ (pemeliharaan korektif pada status 4 dan pencegahan pada status 3)
= Rp 10.023.194,-

3. P₂ (pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4, pencegahan pada status 2)
= Rp 14.013.060,-
4. P₃ (pemeliharaan korektif pada status 4, pencegahan pada status 2 dan 3)
= Rp 11.926.577,-
5. P₄ (Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4)
= Rp 14.519.111,-

Dari perhitungan diatas untuk mempermudah pembacaan dapat dilihat pada grafik biaya rata-rata ekspektasi dibawah berikut :



Gambar 1. Grafik Biaya Rata-rata Ekspektasi

Menghitung penghematan biaya *maintenance* dan persentasenya. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan hasil perhitungan biaya rata-rata ekspektasi *maintenance* usulan yang dilakukan. Hasil perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut :

1. P₀ (pemeliharaan korektif pada status 4)
Biaya *Maintenance* sebesar Rp 13.507.446,-
2. P₁ (pemeliharaan korektif pada status 4 dan pencegahan pada status 3)
Penghematan biaya sebesar Rp 3.484.252,- atau 25.80 %
3. P₂ (pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4, pencegahan pada status 2)
Penghematan biaya sebesar Rp -505.614,- atau -3.74 %
4. P₃ (pemeliharaan korektif pada status 4, pencegahan pada status 2 dan 3)
Penghematan biaya sebesar Rp 1.580.969,- atau 11.7 %
5. P₄ (Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4)
Penghematan biaya sebesar Rp -1.011.655,- atau 7.49 %

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, biaya *maintenance* dengan penghematan terbesar terdapat pada *maintenance* usulan P₁ yaitu *maintenance* korektif pada status 4, pencegahan pada status 3 sebesar Rp 10.023.194,-. Terjadi

penghematan biaya *maintenance* sebesar Rp 3.484.252,- (25.8 %).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan berdasarkan biaya rata-rata ekspektasi *maintenance* usulan besarnya biaya tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

- a. Usulan P₁ sebesar Rp 10.023.194,-
- b. Usulan P₂ sebesar Rp 14.013.060,-
- c. Usulan P₃ sebesar Rp 11,926.577,-
- d. Usulan P₄ sebesar Rp 14.519.111,-

Dapat diketahui untuk usulan P₁ memiliki biaya *maintenance* paling rendah dibanding usulan lainnya, maka usulan tersebut akan digunakan untuk perencanaan *maintenance*.

Dimana tindakan usulan P₁ adalah *maintenance* korektif pada kondisi kerusakan berat (mesin rusak tidak dapat beroperasi) dan *maintenance* preventif pada kondisi kerusakan sedang (mesin rusak masih dapat beroperasi). Penghematan biaya *maintenance* usulan P₁ sebesar Rp 3.484.242,- atau 25.8% dalam jangka waktu 1 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, Aan, 2012. Handout Perawatan dan Perbaikan Mesin. Yogyakarta.
- Elisyus, Rizka, Ade, 2014. Estimasi Biaya *Maintenance* Dengan Metode *Markov Chain* dan Penentuan Umur Mesin Serta Jumlah *Maintenance Crew* Yang Optimal Dengan Metode *Life Cycle Cost*. Hal. 48-54.
- Erni, Nofi, 2011. Usulan Penerapan Teori Markov Dalam Pengambilan Keputusan Perawatan Tahunan Pada PT. Pupuk Kujang. Jakarta. Jurnal InovasiTM Vol. 7, No. 1, Hal. 56-63.
- Pudji, Endang, 2012. Perencanaan Pemeliharaan Mesin Dengan Menggunakan Metode *Markov Chain* untuk Mengurangi Biaya Pemeliharaan di PT. Phillips Indonesia. Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Priode III, Hal. A(45-54).
- Rr. Rochmoeljati, 2012. Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode *Markov Chain* Untuk Meminimumkan Biaya Perawatan. Jawa Timur. Hal. 63-74.
- Suparjo, 2014. Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Guna Mencapai Ekspetasi Pendapatan Maksimum Dengan Pendekatan Rantai Markov Di CV. Alextra Travel. Surabaya. Seminar Nasional IDEC 2014. Hal. 612-618.

Wastana, 2016. Studi Komparatif Biaya Perawatan, Biaya Perbaikan dan Biaya Ban Dalam Penerapan *Active Maintenance* Terhadap Profitabilitas. Semarang. *Journal Of Management* Vol. 02, No. 02, Hal. 1-12.