

## Usulan Perencanaan Perawatan dan Analisis Kelayakan Penggantian Mesin Hoist Menggunakan Metode Markov Chain dan Therbogh Model

Rizky Wahyudi, Andrean Emaputra\* dan Cyrilla Indri Parwati

Program Studi Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

[\\*andrea.emaputra@akprind.ac.id](mailto:andrea.emaputra@akprind.ac.id)

**Abstract.** PT. XYZ merupakan perusahaan swasta nasional yang bergerak dalam bidang pengecoran logam. Mesin hoist di pabrik tersebut sudah beroperasi selama 14 tahun yang menyebabkan mesin tersebut sudah sering mengalami kerusakan, sehingga perlu dilakukan perawatan mesin yang terencana dan analisis kelayakan dalam penggantian mesin untuk menghindari pabrik mengalami kerugian akibat kerusakan mesin. Saat ini, pabrik masih menerapkan sistem perawatan korektif pada mesin hoist, belum ada penjadwalan perawatan mesin yang terorganisir serta belum mulai untuk mempertimbangkan kelayakan penggantian mesin baru, sehingga mesin lama masih sangat berpotensi untuk terjadi kerusakan pada saat proses produksi. Tujuan penelitian ini adalah memberikan usulan kebijakan pemeliharaan yang optimal sehingga pemborosan biaya perawatan mesin hoist dapat dikurangi serta menganalisis kelayakan dalam melakukan penggantian mesin berdasarkan perbandingan dari biaya mesin lama dan mesin baru sehingga perusahaan mulai dapat menentukan kebijakan penggantian mesin untuk periode selanjutnya. Metode yang digunakan adalah markov chain untuk mengetahui usulan perencanaan perawatan yang tepat, dan therbogh's model untuk mengetahui waktu kelayakan penggantian mesin hoist. Hasil dari metode markov chain adalah diperoleh kebijakan alternatif ke-2, kebijakan tersebut merupakan kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3 (rusak sedang) dan preventif pada status 2 (rusak ringan), biaya pemeliharaan sebesar Rp. 2.858.072 yang lebih rendah dari kebijakan perawatan perusahaan yang dilakukan. Dan metode thebogh's model diperoleh hasil UAE (Uniform Annual Equivalent) mesin baru sebesar Rp. 9.064.970 yang lebih rendah apabila perusahaan tetap mempertahankan mesin lama pada periode ke-15 (2020) dengan biaya sebesar Rp. 12.109.125.

### 1. Pendahuluan

Dalam suatu perusahaan seringkali mesin produksi mengalami kerusakan ringan sampai kerusakan berat. Kegiatan pemeliharaan mesin terkadang dilakukan setelah kondisi mesin mengalami kerusakan dan tidak dapat beroperasi, sehingga akan sangat merugikan pabrik karena menimbulkan biaya downtime dan biaya perbaikan mesin. Selain sistem manajemen pemeliharaan mesin yang kurang baik, Salah satu faktor yang mempengaruhi sering terjadi kerusakan mesin adalah umur mesin yang sudah beroperasi sangat lama

Metode markov chain juga dipakai dalam pemeliharaan. Metode tersebut digunakan untuk penjadwalan dan pengurangan biaya perawatan mesin *spinning* [1]. Metode tersebut digunakan untuk merencanakan perawatan dan biaya perawatan dari mesin mill 303 di PT. Steel Pipe Industry of Indonesia Unit 3 [2]. Metode tersebut digunakan untuk merencanakan pemeliharaan mesin *stitching* di PT. Karyamitra Budisentosa yang membuat sepatu wanita dengan bahan baku kulit [3].

Perawatan yang optimal pada mesin Oerlicon di PT Dirgantara Indonesia dilakukan dengan metode tersebut [4]. Perencanaan perawatan *welding machine*, *lathe machine* dan *over head crane* untuk meminimumkan biaya perawatan di PT Mencast Offshore and Marine Batam juga dengan metode tersebut [5].

PT. XYZ merupakan perusahaan swasta nasional yang berdiri tahun 1968 dan saat ini bergerak dalam bidang pengecoran logam. Mesin hoist di pabrik tersebut sudah beroperasi selama 14 tahun sehingga mesin tersebut sering mengalami kerusakan dan sangat mengganggu dalam memenuhi kebutuhan produksi. Data kerusakan mesin hoist pada tahun 2019 menunjukkan bahwa frekuensi kerusakan mesin hoist sebanyak 45 kali kerusakan dan waktu kerusakan mencapai 52 jam/tahun. Kerusakan mesin hoist tersebut lebih besar dibanding dengan beberapa mesin lain yang ada pada departemen produksi. Oleh karena itu, perencanaan pemeliharaan mesin hoist dilakukan dengan metode markov chain, perhitungan didasarkan pada perbandingan ketiga usulan matriks probabilitas dan matriks probabilitas awal yang dilakukan perusahaan. Penentuan penerapan kelayakan penggantian mesin hoist dilakukan dengan menggunakan metode *therbog model* dengan perhitungan didasarkan pada nilai anuitas mesin baru. Metode *markov chain* dan *therbog model* digunakan agar biaya yang dikeluarkan dalam perbaikan mesin hoist dapat diminimalisir dan juga untuk mulai memikirkan kebijakan penggantian mesin baru apabila sudah tidak menguntungkan lagi jika mempertahankan mesin yang lama..

## 2. Metode Penelitian

Peneliti melakukan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak yang berkompeten dan terkait secara langsung untuk melakukan pengambilan data sesuai dengan kebutuhan penelitian. Peneliti mengobservasi objek penelitian untuk memperoleh data serta gambaran secara lebih jelas terhadap permasalahan yang terjadi. Data mesin hoist yang dikumpulkan selama 1 tahun (2019).

### 2.1. Markov Chain

Rantai Markov (Markov Chain) adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pembuatan model (modelling) bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Rantai markov merupakan sebuah teknik yang berhubungan dengan probabilitas akan state di masa mendatang dengan menganalisa probabilitas saat ini. Setelah *state* dari sistem atau proses yang akan diteliti telah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan probabilitas sistem berada dalam *state* tertentu dengan menggunakan vektor probabilitas *state*,  $n(i) = (n_1, n_2, n_3, \dots, n_m)$  [6].

Perilaku jangka panjang dari suatu proses markov ditandai ketidakbergantungannya pada state awal dari sistem, dalam proses operasi suatu item akan mengalami beberapa kemungkinan transisi status yang berubah dari satu status ke status yang lain [7]. Oleh karena itu, untuk mengubah kondisi status yang dialami dilakukan beberapa tindakan keputusan pemeliharaan yang sesuai dengan status kondisi mesin dan tindakan keputusan yang dilakukan.

Policy keputusan pemeliharaan mesin hoist dapat dilihat pada Tabel 1. P<sub>0</sub> adalah tindakan pemeliharaan korektif yang dilakukan perusahaan, yang merupakan matrik transisi awal sedangkan P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, dan P<sub>4</sub> adalah usulan pemeliharaan yang didapat dari perubahan pada matrik awal.

Tabel 1. Keputusan pemeliharaan mesin hoist

Policy	Keterangan	D <sub>1</sub> (P)	D <sub>2</sub> (P)	D <sub>3</sub> (P)	D <sub>4</sub> (P)
P <sub>0</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 4	1	1	1	3
P <sub>1</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4	1	1	3	3
P <sub>2</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 3, serta pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	3	1
P <sub>3</sub>	Pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	1	3

$P_4$	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4, pemeliharaan pencegahan pada status 2	1	2	3	3
-------	---	---	---	---	---

Tabel 2 menunjukkan jenis keputusan perbaikan pada mesin hoist. Terdapat 3 keputusan, yaitu tidak dilakukan perbaikan, *preventive maintenance*, dan *corrective maintenance*.

Tabel 2. Tindakan Keputusan

Keputusan	Tindakan
1	Tidak dilakukan perbaikan
2	Dilakukan <i>preventive maintenance</i>
3	Dilakukan <i>corrective maintenance</i>

Kondisi pada Tabel 3 adalah tingkat kesiapan mesin saat dilakukan perawatan periodik terhadap mesin tersebut. Setelah pemeriksaan dilakukan, maka kondisi mesin dapat digolongkan menjadi 4 status.

Tabel 3. Status pada kondisi mesin hoist

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

Dalam menentukan nilai probabilitas, terlebih dahulu ditentukan besar transisi probabilitas. Transisi probabilitas dapat dihitung dari jumlah masing-masing keadaan kondisi mesin melalui tabel perubahan probabilitas transisi, selanjutnya matriks transisi awal dibentuk yang merupakan pemeliharaan sarana produksi yang dilakukan perusahaan [8]. Kemudian penentuan nilai probabilitas yang dihitung dari jumlah masing-masing keadaan mesin melalui tabel probabilitas transisi (Tabel 4).

Tabel 4. Probabilitas Transisi

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

Matrik transisi awal yang merupakan pemeliharaan yang dilakukan perusahaan dibuat (Tabel 5). Tabel probabilitas transisi merupakan pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan dan akan menjadi matriks probabilitas transisi awal [9]. Untuk mendapatkan pemeliharaan yang lebih baik sehingga biaya pemeliharaan dapat dikurangi, maka 4 (empat) perencanaan pemeliharaan mesin diusulkan yang didapat dari perubahan matrik transisi awal.

Tabel 5. Matriks probabilitas transisi awal

I \ J	1	2	3	4
1	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>
2	0	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>24</sub>
3	0	0	P <sub>33</sub>	P <sub>34</sub>
4	P <sub>41</sub>	0	0	0

2.2. *Analysis Biaya Markov Chain*

Penentuan biaya pemeliharaan dalam *markov chain* meliputi biaya perawatan pencegahan dan perawatan korektif yang dilakukan pada saat mesin berhenti dan berdasarkan pada biaya *downtime*. Biaya *downtime* merupakan profit atau keuntungan perusahaan yang hilang akibat dari sistem atau mesin yang tidak produktif karena dalam perbaikan. Biaya *downtime* dihitung dengan Persamaan 1.

$$Bd = \frac{rd}{jk} \times op \dots\dots\dots(1)$$

- dengan:
- Bd = biaya *downtime*
- Rd = rata-rata *downtime* mesin
- Jk = jumlah tahun
- Op = biaya operator

Biaya pemeliharaan pencegahan adalah biaya yang dikeluarkan setiap kali melakukan perawatan pada mesin (Persamaan 2).

$$C_1 = waktu\ pemeliharaan\ pencegahan \times biaya\ downtime \dots\dots\dots(2)$$

Biaya pemeliharaan korektif adalah biaya yang timbul akibat kondisi mesin yang tidak berfungsi untuk menghasilkan *output* sehingga menyebabkan adanya biaya perbaikan. Biaya pemeliharaan korektif dihitung dengan Persamaan 3.

$$C_2 = waktu\ pemeliharaan\ korektif \times biaya\ downtime \dots\dots\dots(3)$$

Biaya rata-rata ekspektasi berdasarkan pada biaya pemeliharaan pencegahan dan biaya korektif sehingga mendapatkan biaya pemeliharaan mesin, dan apabila dikalikan dengan probabilitas status maka akan didapatkan biaya rata-rata ekspektasi untuk tiap pemeliharaan [10]. Biaya rata-rata ekspektasi dihitung dengan Persamaan 4.

$$E = \sum^M \pi_j C(j)^{j-1} = \pi_1(\dots) + \pi_2(\dots) + \dots + \pi_m(\dots) \dots\dots\dots(4)$$

2.3. *Therbogh Model*

Analisa kelayakan penggantian mesin hoist menggunakan metode *therbogh model*. Model tersebut untuk menilai apakah penggantian mesin lama layak apabila manajemen perawatan mesin yang dilakukan dengan metode *markov chain* kurang efektif dalam menekan biaya pemeliharaan mesin.

Depresiasi adalah penurunan nilai suatu properti atau aset karena waktu dan pemakaian. Salah satu metode yang dapat dipakai untuk menentukan beban depresiasi tahunan dari suatu aset

adalah metode garis lurus (*straight line*). Metode depresiasi garis lurus didasarkan pada asumsi bahwa pengurangan nilai suatu aset berlangsung secara linier terhadap waktu atau umur dari aset tersebut. Perhitungan metode garis lurus adalah dengan Persamaan 5.

$$D_t = \frac{P-S}{N} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- D<sub>t</sub> = besar depresiasi pada tahun ke-t
- P = ongkos awal dari aset yang bersangkutan
- S = nilai sisa dari mesin
- N = masa pakai mesin

**3. Hasil dan Pembahasan**

*3.1. Penentuan Usulan Perawatan Mesin dengan Markov Chain*

Pengumpulan data kerusakan mesin hoist di PT. XYZ selama 1 tahun (2019) memiliki frekuensi kerusakan mesin sebanyak 45 kali dengan total lama waktu perbaikan 52 jam/tahun. Data kerusakan disederhanakan kedalam tabel data perubahan status mesin untuk mengetahui nilai probabilitas setiap kondisi, data ini akan menjelaskan perubahan status mesin saat dilakukan perawatan korektif. Data transisi perubahan status mesin dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data perubahan status mesin

Bulan	B/B	B/Rr	B/Rs	B/Rb	Rr/Rr	Rr/Rs	Rr/Rb	Rs/Rs	Rs/Rb	Rb/B
Januari	1	3				1				
Februari	2	1	2			1		1	1	1
Maret	2	2	1			1				
April	1	1	1	1			1			1
Mei	1		1	2				1		2
Juni	1	2	1		1	1				
Juli	1	2	2		1		1	1		1
Agustus	2	1		2			1			3
September	1	1	1	1		1			1	1
Oktober	1	1	1	1			1			2
November	2		3	2			1		1	2
Desember	1	1	1			1			1	1
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>14</b>
	0,296	0,277	0,259	0,166	0,153	0,461	0,384	0,428	0,571	1

Penentuan nilai probabilitas didapatkan dari perubahan status kondisi dibagi dengan total status kondisi, perhatikan bahwa total nilai tiap probabilitas kondisi baik, rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat tidak boleh lebih dari 1.

*3.2. Data Waktu Perawatan*

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan preventif pada mesin hoist di perusahaan oleh pihak *maintenance* adalah 30 menit perbulan, maka total waktu yang dibutuhkan dalam 1 tahun pemeliharaan adalah 30 menit/bulan x 12 bulan = 360 menit = 6 jam/tahun. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan korektif berdasarkan data waktu kerusakan, yaitu 52 jam/tahun.

### 3.3. Data Biaya Pemeliharaan

Hasil perhitungan biaya pemeliharaan mesin hoist yang meliputi biaya *downtime*, biaya pemeliharaan preventif, dan biaya pemeliharaan korektif dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data biaya pemeliharaan

Tindakan yang dilakukan	Biaya
Tidak melakukan pemeliharaan	0
Dilakukan pemeliharaan preventif	Rp. 1.932.000
Dilakukan Pemeliharaan korektif	Rp. 16.744.000
Biaya <i>Downtime</i>	Rp. 322.000

### 3.4. Matrix Probabilitas Transisi

Perhitungan transisi probabilitas dilakukan dengan memasukan probabilitas yang sudah ditentukan ke dalam tabel tiap kolom berdasarkan perubahan dari status awal ke status akhir (Tabel 8-12).

Tabel 8. Probabilitas perusahaan P0

Status Akhir (j)				
	1	2	3	4
Status Awal (i)				
1	0,296	0,277	0,259	0,166
2	0	0,153	0,461	0,384
3	0	0	0,468	0,571
4	1	0	0	0
$\pi_1 = 0,364$	$\pi_2 = 0,119$	$\pi_3 = 0,260$	$\pi_4 = 0,254$	

Tabel 9. Probabilitas usulan P1 (korektif pada status 3 dan 4)

Status Akhir (j)				
	1	2	3	4
Status Awal (i)				
1	0,296	0,277	0,259	0,166
2	0	0,153	0,461	0,384
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0
$\pi_1 = 0,493$	$\pi_2 = 0,161$	$\pi_3 = 0,201$	$\pi_4 = 0,143$	

Tabel 10. Probabilitas usulan P2 (korektif pada status 3 dan preventif pada status 2)

Status Akhir (j)				
	1	2	3	4
Status Awal (i)				
1	0,296	0,277	0,259	0,166
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	0	0	0	1
$\pi_1 = 0,587$	$\pi_2 = 0,162$	$\pi_3 = 0,152$	$\pi_4 = 0,097$	

Tabel 11. Probabilitas usulan P3 (korektif pada status 4 dan preventif pada status 2)

Status Awal (i)		Status Akhir (j)			
		1	2	3	4
1		0,296	0,277	0,259	0,166
2		1	0	0	0
3		0	0	0,428	0,571
4		1	0	0	0
$\pi_1 = 0,464$		$\pi_2 = 0,128$	$\pi_3 = 0,209$	$\pi_4 = 0,196$	

Tabel 12. Probabilitas usulan P4 (korektif pada status 3 dan 4, serta preventif pada status 2)

Status Awal (i)		Status Akhir (j)			
		1	2	3	4
1		0,296	0,277	0,259	0,166
2		1	0	0	0
3		1	0	0	0
4		1	0	0	0

### 3.5. Data Biaya Ekspektasi

Berdasarkan pada biaya-biaya pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif maka akan didapatkan biaya-biaya pemeliharaan untuk masing-masing mesin dan apabila dikalikan dengan probabilitas status ( $\pi$ ) maka akan didapatkan biaya rata-rata ekspektasi (biaya rata-rata yang diharapkan) untuk masing-masing pemeliharaan. Biaya ekspektasi dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Biaya ekspektasi pemeliharaan

P0 (kebijakan yang dilakukan perusahaan berdasarkan pemeliharaan korektif)  $E_0 = \text{Rp. } 4.252.976$

P1 (Kebijakan 1. Korektif pada status 3 dan status 4)  $E_1 = \text{Rp. } 5.759.936$

P2 (Kebijakan 2, Korektif pada status 3 dan preventif pada status 2)  $E_2 = \text{Rp. } 2.858.072$

P3 (Kebijakan 3, Korektif pada status 4 dan preventif pada status 2)  $E_3 = \text{Rp. } 3.529.120$

P4 (Kebijakan 4, Korektif pada status 3 dan 4, Preventif pada status 2)  $E_4 = \text{Rp. } 4.446.820$

Sehingga didapatkan alternatif biaya yang optimal adalah usulan P2 dengan tindakan kebijakan yang dilakukan adalah preventif pada kondisi mesin hoist mengalami rusak ringan dan dilakukan korektif pada kondisi mesin hoist mengalami rusak sedang, dengan dilakukan perencanaan perawatan mesin hoist sebanyak 2 kali dalam sebulan. Jika dilakukan usulan P2 maka akan menghemat biaya perawatan mesin sebesar Rp. 1.394.904.

### 3.6. Penentuan Waktu Penggantian Mesin dengan Therbogh's Model

Perhitungan kebijakan waktu penggantian mesin dilakukan karena masa pakai mesin hoist saat ini (tahun 2019) adalah 14 tahun dan mesin ini dibeli pada tahun 2005. Berdasarkan faktor tersebut dilakukan perhitungan penggantian mesin dengan perbandingan nilai UAE mesin baru. Perkiraan nilai sisa 6 tahun mesin lama ditasir sebesar 30% dari harga mesin lama.

### 3.7. Perhitungan Depresiasi dengan Metode Garis Lurus (Straight Line)

Tabel 14. Data mesin hoist lama

Harga Mesin Lama (P)	Rp. 21.000.000
Masa Pakai Ekonomis (N)	20 tahun
Perkiraan Nilai Sisa (S)	Rp. 6.300.000

Perhitungan besar depresiasi pada tahun ke-t adalah:

$$Dt = \frac{P-S}{N}$$

$$Dt = \frac{21.000.000 - 6.300.000}{20}$$

$$Dt = Rp. 735.000$$

Besar depresiasi (biaya penyusutan) untuk mesin hoist lama setiap tahun adalah Rp. 735.000.

### 3.8. Perhitungan Nilai Buku (Book Value)

Perhitungan nilai mesin untuk periode keempat belas adalah:

$$BV_t = P - t.Dt$$

$$BV_{14} = 21.000.000 - 14 \times 735.000$$

$$BV_{14} = Rp. 10.710.000$$

### 3.9. Perhitungan dengan Therbogh's Model

Data yang diperlukan untuk perhitungan dengan therbogh model dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Data Mesin Lama dan Mesin Baru

Jenis Mesin	Harga (Rp)	Biaya Operasional (Rp)
Mesin Lama	21.000.000	4.252.976
Mesin Baru	28.500.000	1.200.000

#### Taksiran Nilai Sisa Mesin

$$s = \frac{1}{2}(\text{biaya operasional lama} - \text{biaya operasional baru})$$

$$s = \frac{1}{2}(4.252.976 - 1200.000)$$

$$s = 1.526.488$$

#### Taksiran Umur Ekonomis Mesin



$$n^* = \sqrt{\frac{2C}{s}}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{2(28.500.000)}{1.526.488}}$$

$$n^* = 6,11 \text{ atau } 6 \text{ tahun}$$

**Biaya Anuitas Mesin**

$$UAE = \frac{s(n^*-1)}{2} + \frac{C}{n^*} + \frac{iC}{2}$$

$$UAE = \frac{1.526.488(6-1)}{2} + \frac{28.500.000}{6} + \frac{0,035(28.500.000)}{2}$$

$$UAE = 3.816.220 + 4.750.000 + 498.750$$

$$UAE = Rp. 9.064.970$$

*3.10. Perhitungan Total Biaya Mesin Lama*

Pemakaian mesin lama hingga sekarang adalah 14 tahun. Bunga modal mesin lama ditaksir sebesar 3.5% setiap tahun. Perhitungan biaya total mesin lama untuk periode 14 (2019) adalah:

**Akumulasi penyusutan**

$$14 \times 735.000 = Rp. 10.290.000$$

**Periode nilai sisa untuk tahun depan (2020)**

$$(10.710.000 - 9.975.000) = Rp. 735.000$$

**Bunga nilai sisa pada periode 14**

$$3,5\% \times 10.710.000 = Rp. 374.850$$

**Biaya total mesin lama**

$$10.290.000 + 735.000 + 374.850 = Rp. 11.399.850$$

Tabel 16. Rekapitulasi total biaya mesin lama

Tahun	T	Nilai sisa mesin lama (Rp)	Periode nilai sisa (Rp)	Akumulasi penyusutan (Rp)	Bunga nilai sisa (Rp)	Biaya total (Rp)
2015	10	13.650.000	735.000	7.350.000	477.750	8.562.750
2016	11	12.915.000	735.000	8.085.000	452.025	9.272.025
2017	12	12.180.000	735.000	8.820.000	426.300	9.981.300
2018	13	11.445.000	735.000	9.555.000	400.575	10.690.575
2019	14	10.710.000	735.000	10.290.000	374.850	11.399.850
2020	15	9.975.000	735.000	11.025.000	349.125	12.109.125

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan dengan metode therbogh model tersebut jika mempertahankan mesin pada periode selanjutnya, biaya total mesin lama pada periode selanjutnya ke-15 (2020) sebesar Rp. 12.690.575 lebih besar dari nilai UAE mesin baru sebesar Rp. 9.064.970. Terlihat lebih menguntungkan jika mesin lama diganti pada saat 6 tahun yang lalu yaitu 2015, sebab anuitas mesin baru lebih murah yaitu Rp. 8.562.750.

#### 4. Kesimpulan

Dari keempat kebijakan alternatif yang diusulkan diperoleh kebijakan alternatif ke-2 yang memberikan biaya pemeliharaan minimal. Kebijakan tersebut adalah kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif pada status 2 dengan biaya sebesar Rp. 2.858.072. Ketentuan pemeliharaan yang sebaiknya dilakukan yaitu korektif apabila kondisi mesin berada pada rusak sedang dan dilakukan preventif apabila kondisi mesin berada pada rusak ringan dan perusahaan akan mendapatkan penghematan biaya pemeliharaan apabila kebijakan pemeliharaan dilakukan dibanding kebijakan pemeliharaan perusahaan yaitu sebesar Rp. 1.394.904. Berdasarkan perhitungan metode therbogh model didapat nilai UAE mesin baru sebesar Rp. 9.064.970 dan biaya total mesin periode 15 (2020) sebesar Rp. 12.109.125, maka selisih kerugian yang ditimbulkan mesin lama sebesar Rp. 3.044.155 jika mempertahankan mesin lama. Apabila perusahaan memilih untuk melakukan kebijakan penggantian mesin dibanding melakukan perencanaan usulan perawatan kebijakan alternatif ke-2 dengan metode markov chain, maka waktu yang tepat adalah pada periode 6 tahun yang lalu yaitu 2015, sehingga pada tahun ini sebaiknya perusahaan mulai memikirkan untuk melakukan penggantian mesin agar menghindari kerugian yang semakin besar.

#### References

- [1] P. Puspitasari and A. J. Pratama, 2015, "Spinning Machine Maintenance Scheduling and Cost Planning Unit Using Markov Chains Method at Argo Pantes," in *Proceeding 8th International Seminar on Industrial Engineering and Management*, 2015, pp. 88–93.
- [2] I. Irdianto and Suhartini, 2019, "Penggunaan Metode Markov Chain dalam Penjadwalan Perawatan Mesin untuk Meminimalkan Biaya Kerusakan Mesin dan Perawatan Mesin Mill 303 di PT. Steel Pipe Industry of Indonesia Unit 3," *JISO J. Ind. Syst. Optim.*, vol. 2, no. 1, pp. 11–17, 2019.
- [3] D. S. Maulana, 2019, "Perencanaan Perawatan Mesin dengan Menggunakan Metode Markov Chain di PT . Karyamitra Budisentosa Pandaan," *J. Valtech*, vol. 2, no. 3, pp. 30–33, 2019.
- [4] A. W. Prastya and R. Ferdian, "Penerapan Metode Markov Chain dalam Penjadwalan Perawatan Mesin Oerlicon untuk Mengoptimalkan Biaya dan Waktu Perawatan di PT
- [5] Sanusi, T. Saputra, and H. Hidayat, 2020, "Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Markov Chain untuk Meminimumkan Biaya Perawatan di PT Mencast Offshore and Marine Batam," *J. Tek. Ibnu Sina*, vol. 5, no. 2, pp. 57–65, 2020.
- [6] A. R. Eliyus, J. Alhilman, and Sutrisno, 2014, "Estimasi Biaya Maintenance dengan Metode Markov Chain dan Penentuan Umur Mesin serta Jumlah Maintenance Crew yang Optimal dengan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PT TOA GALVA)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–54, 2014.
- [7] Suparjo, 2014, "Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Guna Mencapai Ekspektasi Pendapatan Maksimum dengan Pendekatan Rantai Markov Di CV . Alextra Travel," in *Seminar Nasional IDEC 2014*, 2014, pp. 612–618.
- [8] Sunyoto, 2012, "Analisis Aplikasi Markov Chain Guna Menghemat Biaya Pemeliharaan Sarana Produksi," *J. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 11, no. 3, pp. 46–57, 2012.
- [9] E. Pudji W and F. Ilma, 2012, "Perencanaan Pemeliharaan Mesin dengan Menggunakan Metode Markov Chain untuk Mengurangi Biaya Pemeliharaan di PT. Philips Indonesia," in

Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III, 2012, no. November, p. A-45-A-54.

- [10] R. Rochmoeljati, 2013, "Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Markov Chain untuk Meminimumkan Biaya Perawatan," J. Tekmapro, vol. 8, no. 1, pp. 63–76, 2013.

# JIE.UPY

Journal of Industrial Engineering Universitas PGRI Yogyakarta  
Volume 1 No. 2, Juni 2022

p-ISSN 2809-7809  
e-ISSN 2963-6655