

ANALISIS TINGKAT KEANDALAN DAN PENENTUAN INTERVAL WAKTU PEMELIHARAAN MESIN POMPA AIR DI PERUMDA AIR MINUM TUGU TIRTA KOTA MALANG

Khoirun Nisak¹⁾, Ellysa Nursanti²⁾, Thomas Priyasmanu³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : nisakhoirun1413@gmail.com

Abstrak, Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Tugu Tirta Kota Malang selalu menjaga kelangsungan pelayanan air minum kepada masyarakat selama 24 jam secara terus-menerus. Maka dari itu diperlukan mesin pompa air yang berfungsi dengan baik agar produksi air bersih dapat berjalan dengan baik dan kebutuhan manusia akan air bersih pun akan terpenuhi. Untuk menjaga mesin pompa air tetap berfungsi dengan baik perlu diadakan perawatan dan pemeliharaan (*maintenance*) serta uji fungsi keandalan pada mesin pompa air agar sistem berjalan lebih teratur, rapi, bersih, dan fungsional. Penelitian ini menggunakan metode *age replacement* untuk menentukan optimalisasi penjadwalan yang tepat dan secara berkala. Metode ini membantu perusahaan dalam membuat jadwal perawatan secara *preventive maintenance* agar dapat mengurangi terjadinya *breakdown* pada mesin pompa air. Metode ini juga dapat menentukan nilai fungsi keandalan dari masing-masing mesin pompa air yang diteliti. Didukung dengan distribusi *Weibull* yang mana distribusi ini membantu peneliti dalam menentukan probabilitas terjadinya kerusakan. Sehingga perusahaan mendapatkan usulan penjadwalan yang mana pada mesin pompa air I diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 50 hari sekali. Penjadwalan ini dapat menambah persentase fungsi keandalan dari mesin sebesar 96,7% yang artinya dapat beroperasi dengan sangat baik dan penghematan biaya sebesar 63,5% dari sebelum dilakukan penjadwalan dengan metode *age replacement*. Pada mesin pompa air II diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 49 hari sekali. Penjadwalan ini dapat menambah persentase fungsi keandalan dari mesin sebesar 96,6% yang artinya dapat beroperasi dengan sangat baik dan penghematan biaya sebesar 62,7% dari sebelum dilakukan penjadwalan dengan metode *age replacement*. Pada mesin pompa air III diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 50 hari sekali. Penjadwalan ini dapat menambah persentase fungsi keandalan dari mesin sebesar 96,6% dan penghematan biaya sebesar 84,8%.

Kata kunci : *Age Replacement, Weibull, Mesin pompa air, Pemeliharaan (maintenance), Reliability*

PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih saat ini mencapai 49,5 liter / kapita / hari. Badan dunia UNESCO sendiri pada tahun 2002 telah menetapkan hak dasar manusia atas air yaitu sebesar 60 liter / orang / hari. Agar kebutuhan air bersih terpenuhi, pemerintah Kota Malang mendirikan Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Tugu Tirta Kota Malang untuk memproduksi air bersih dan pelayanan pada masyarakat. Perusahaan ini berlokasi di Jl. Terusan Danau Sentani No. 100, Madyopuro, Kec. Kedungkandang, Kota Malang, Jawa Timur, 65139. Berawal dari PDAM Kota Malang kini telah resmi beralih menjadi Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Tugu Tirta Kota Malang pada tanggal 27 Desember 2019.

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Tugu Tirta Kota Malang selalu menjaga kelangsungan pelayanan air minum kepada masyarakat selama 24 jam secara terus-

menerus. Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang juga menambah kapasitas produksi dengan mengelola Sumber Air Wadit serta beberapa mata air di Kota Malang dengan menggunakan sistem pompanisasi. Sistem pompanisasi adalah sebuah sistem yang berjalan dengan menggunakan bantuan mesin pompa air. Keberhasilan perusahaan dalam mencapai target sangat tergantung pada kelancaran proses produksi air itu sendiri. Kelancaran proses produksi sangat dipengaruhi oleh kondisi fasilitas produksinya seperti mesin pompa air ataupun mesin pendukung lainnya.

Maka dari itu diperlukan mesin pompa air yang berfungsi dengan baik agar produksi air bersih dapat berjalan dengan baik dan kebutuhan manusia akan air bersih pun akan terpenuhi. Menurut Corder, A. S. (1998), *maintenance* adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Untuk

menjaga mesin pompa air tetap berfungsi dengan baik perlu adanya suatu penjadwalan perawatan dan pemeliharaan (*maintenance*) fasilitas secara teratur dan terencana serta uji fungsi keandalan pada mesin pompa air agar sistem berjalan lebih teratur, rapi, bersih, dan fungsional (Ebeling, 1997).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *age replacement* yang bertujuan untuk dapat menentukan interval waktu pemeliharaan pada masing-masing mesin pompa air, dengan memberikan rekomendasi usulan penjadwalan *preventive maintenance* (AKS Jardine, 2001). Dimana hasil penelitian dapat dijadikan sebagai alternatif tindakan pemeliharaan sehingga dapat meningkatkan nilai fungsi keandalan dan minimasi biaya perbaikan mesin pompa air.

Pengumpulan Data

Pada tahap ini data yang digunakan dalam penelitian adalah observasi, dokumentasi dan wawancara terhadap karyawan produksi di Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang untuk mendapatkan data terkait objek penelitian yang digunakan.

1. Data Frekuensi Kerusakan Mesin Pompa Air

Data historis kerusakan mesin pompa air pada masa operasional April 2021 sampai Maret 2022 terdapat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Frekuensi kerusakan komponen mesin pompa air

Mesin Pompa Air	Frekuensi
I	4
II	4
III	3
Total	11

(Sumber: Perumda air Minum Tugu Tirta Kota Malang)

2. Data Downtime Mesin Pompa Air

Data *downtime* mulai dari awal kerusakan sampai mesin dapat berfungsi kembali terdapat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Downtime Mesin Pompa Air

Mesin Pompa Air	Downtime (hari)
I	15 hari
II	13 hari
III	14 hari
Total	42 hari

(Sumber: Perumda air Minum Tugu Tirta Kota Malang)

3. Data Waktu Antar Kerusakan

Data waktu antar kerusakan diperoleh dari rekapitulasi kerusakan mesin pompa air dalam kurun waktu April 2021- Maret 2022 terdapat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Data Waktu Antar Kerusakan

Kerusakan ke-	Mesin Pompa Air Distribusi I	Mesin Pompa Air Distribusi II	Mesin Pompa Air Distribusi III
1	1 hari	1 hari	1 hari
2	116 hari	111 hari	147 hari
3	100 hari	101 hari	153 hari
4	108 hari	105 hari	

(Sumber: Perumda air Minum Tugu Tirta Kota Malang)

4. Data Biaya Kerusakan Mesin Pompa Air

Data biaya pencegahan kerusakan dan data biaya perbaikan pada saat terjadi kerusakan mesin pompa air terdapat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Data Biaya Kerusakan Mesin Pompa Air

No	Mesin Pompa Air	Biaya Perbaikan Kerusakan (Cf)	Biaya Pencegahan Kerusakan (Cp)
1	I	Rp. 6.583.000	Rp. 1.303.550
2	II	Rp. 5.800.000	Rp. 1.303.550
3	III	Rp. 5.200.000	Rp. 1.303.550

(Sumber: Perumda air Minum Tugu Tirta Kota Malang)

Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dilakukan pengolahan data sebagai berikut :

A. Perhitungan *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Perhitungan TTF dan TTR dapat dilakukan dengan cara menghitung parameter dengan menggunakan distribusi

weibull. Perhitungan ini diselesaikan dengan menggunakan *software Minitab 16*.

B. Perhitungan MTBF dan MTTR

Perhitungan MTBF dan MTTR menggunakan persamaan yang bertujuan untuk mengetahui rata-rata *downtime* mesin dan rata-rata waktu perbaikan kerusakan.

C. Perhitungan Interval Waktu Pemeliharaan Mesin Pompa Air.

Perhitungan ini menggunakan metode *age replacement* untuk mengetahui fungsi keandalan dan minimasi biaya pemeliharaan mesin pompa air.

D. Perhitungan Fungsi Keandalan Masing-masing Mesin Pompa Air

Fungsi keandalan dapat ketahui melalui persamaan *Inherent Availability* (IA). *Inherent Availability* sendiri merupakan keadaan siap suatu mesin untuk melakukan produksi. *Inherent Availability* digunakan untuk menilai keberhasilan atau efektivitas dari kegiatan pemeliharaan yang dilakukan.

1. Perhitungan Interval Waktu Antar Kerusakan dengan Parameter Distribusi Weibull

Perhitungan distribusi bertujuan untuk mendapatkan nilai kemungkinan mesin dapat beroperasi sampai waktu tertentu dan untuk menghitung nilai harapan siklus kerusakan. Perhitungan ini menggunakan *software Minitab 16*. Berikut ini adalah tabel 5 *indeks of fit* setiap pompa distribusi:

Tabel 5. Perhitungan Parameter Distribusi Weibull Interval Waktu Antar Kerusakan

Mesin Pompa Air	Distribusi	Index of fit	Shape (β)	Scale (η)
I	Weibull	0,857	0,502194	86,6236
II	Weibull	0,852	0,507405	84,4562
III	Weibull	0,907	0,367980	98.1917

(Sumber: *Software Minitab 16*)

2. Interval Waktu Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Failure (MTTR)

Untuk menghitung nilai MTBF distribusi weibull dengan persamaan 1 sebagai berikut:

$$MTBF = \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (1)$$

$$MTBF = 86,6236 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{0,502194}\right)$$

$$MTBF = 86,6236 \cdot \Gamma(2,9913)$$

$$MTBF = 86,6236(0,685124)$$

$$MTBF = 59,35 \sim 60 \text{ hari}$$

Dimana :

η = Parameter Skala (*software minitab 16*)

Γ = Fungsi Gamma

β = Parameter Bentuk (*software minitab 16*)

Nilai $\Gamma(2,9913)$ didapat dari tabel fungsi gamma dengan nilai 0,685124.

Berdasarkan persamaan 1 di atas, berikut tabel 6 rekapitulasi perhitungan MTBF mesin pompa air I, II, dan III.

Tabel 6. Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF)

Mesin Pompa Air	Interval Waktu Antar Kerusakan (MTBF)
I	60 hari
II	57 hari
III	142 hari

(Sumber: Perhitungan menggunakan *Microsoft Excel 2010*)

Perhitungan MTTR dapat diselesaikan dengan persamaan 2 sebagai berikut:

$$MTTR = \frac{\text{jumlah waktu perbaikan}}{\text{jumlah perbaikan}} \quad (2)$$

$$MTTR = \frac{5}{4}$$

$$MTTR = 1,25 \sim 2 \text{ hari}$$

Dari persamaan di atas diperoleh rekapitulasi rata-rata waktu antara perbaikan pada mesin pompa air pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Perhitungan Mean Time to Repaire (MTTR)

Mesin Pompa Air	Interval Waktu Perbaikan (MTTR)
Distribusi I	2 hari
Distribusi II	2 hari
Distribusi III	2 hari

(Sumber: Perhitungan Menggunakan *Software mathcad*)

3. Perhitungan Biaya Perbaikan Mesin Pompa Air

Berikut ini adalah model *age replacement* untuk penentuan minimasi biaya perbaikan.

Perhitungan ini diselesaikan dengan persamaan 3 berikut ini:

$$C(t_p) = \frac{C_p \cdot R(t_p) + C_f(1-R(t_p))}{(t_p + T_p)R(t_p) + M(t_p) + T_f(1-R(t_p))} \quad (3)$$

$$C(t_p) = \frac{1.303.500 \times 0,13108 + 6.583.000(1 - 0,13108)}{(49 + 2)0,13108 + 69,05123 + 60(1 - 0,13108)}$$

$$C(t_p) = 80.045,69$$

Dimana :

$C(t_p)$ = Total biaya pemeliharaan jika dilakukan dalam interval waktu (t_p)

$R(t_p)$ = Nilai *reliability* pada saat (t_p)

C_p = Biaya *preventive maintenance*

C_f = Biaya perbaikan kerusakan

$M(t_p)$ = Nilai rata-rata waktu terjadinya kerusakan

T_f = Waktu Antar kerusakan

T_p = Waktu *preventive maintenance*

t_p = Interval waktu pemeliharaan

Berdasarkan rumus di atas diperoleh hasil rekapitulasi perhitungan pada tabel berikut. Perolehan nilai t_p dilakukan perhitungan berulang sampai menemukan nilai $C(t_p)$ paling kecil. Perhitungan nilai $C(t_p)$ pada mesin pompa air I dapat dilihat pada tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Biaya Perbaikan Mesin Pompa Air I

t_p	C_f	C_p	$R(t_p)$	$F(t_p)$	$M(t_p)$	$C(t_p)$
4	Rp.	Rp.	0,131	0,868	69,0	80,04
9	6.583 .000	1.303 .500	08	92	5123	5,69
50	Rp. 6.583 .000	Rp. 1.303 .500	0,131 22	0,868 78	69,0 6236	79.94 6,23
51	Rp. 6.583 .000	Rp. 1.303 .500	0,129 46	0,870 54	68,9 2273	80,08 5,11

(Sumber: Perhitungan Menggunakan *Software mathcad*)

Perhitungan nilai $C(t_p)$ pada mesin pompa air II dapat dilihat pada tabel 9

sebagai berikut:

Tabel 9. Biaya Perbaikan Mesin Pompa Air II

t_p	C_f	C_p	$R(t_p)$	$F(t_p)$	$M(t_p)$	$C(t_p)$
49	Rp. 5.800 .000	Rp. 1.303 .500	0,124 79	0,87 521	65,1 2722	72.00 3,88
50	Rp. 5.800 .000	Rp. 1.303 .500	0,123 06	0,87 694	64,9 9874	72,12 2,03
51	Rp. 5.800 .000	Rp. 1.303 .500	0,121 36	0,87 864	64,8 7298	72,23 8,60

(Sumber: Perhitungan Menggunakan *Software mathcad*)

Perhitungan nilai $C(t_p)$ pada mesin pompa air III dapat dilihat pada tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Biaya Perbaikan Mesin Pompa Air III

t_p	C_f	C_p	$R(t_p)$	$F(t_p)$	$M(t_p)$	$C(t_p)$
49	Rp.5.2 00.000	Rp. 1.303. 500	0,13 979	0,86 021	165,07 596	27.5 04,7 0
50	Rp.5.2 00.000	Rp. 1.303. 500	0,13 796	0,86 204	164,65 677	26.3 30,0 1
51	Rp.5.2 00.000	Rp. 1.303. 500	0,13 615	0,86 385	164,38 039	27.6 10,0 4

(Sumber: Perhitungan Menggunakan *Software mathcad*)

Rekapitulasi perbandingan biaya sebelum dan sesudah penerapan metode *age replacement* per 30 hari pada tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 11. Rekapitulasi Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Penerapan Metode *Age Replacement* per 30 hari

Mesin pompa air	C_f (Biaya sebelum Perapan <i>Age Replacement</i>)	$C(t_p)$ (Biaya sesudah Penerapan <i>Age Replacement</i>)
I	Rp. 6.583.000	Rp. 2.398.386,9

II	Rp. 5.800.000	Rp. 2.160.116,4
III	Rp. 5.200.000	Rp. 789.900,3

(Sumber: Perhitungan Menggunakan Software mathcad)

4. Perhitungan Fungsi Keandalan

Berikut ini adalah persamaan 4 untuk menentukan tingkat keandalan mesin pompa air melalui persamaan *Inherent Availability* (IA).

$$\begin{aligned}
 IA &= \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100\% \quad (4) \\
 &= \frac{60}{60+2} \times 100\% \\
 &= \frac{60}{62} \times 100\% \\
 &= 96,7\%
 \end{aligned}$$

Dimana:

MTBF: Rata-rata waktu antar kerusakan

MTTR: Rata-rata waktu antar perbaikan

Berdasarkan perhitungan di atas, rekapitulasi fungsi keandalan dari masing-masing mesin pompa air I, II, dan III pada tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12. Fungsi Keandalan Mesin Pompa Air

Mesin Pompa Air	% Fungsi Keandalan
I	96,7 %
II	96,6 %
III	98,6 %

(Sumber: Hasil Perhitungan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Metode yang Digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *age replacement* yang bertujuan untuk menentukan umur optimal mesin pompa air dimana pemeliharaan *preventive maintenance* harus dilakukan untuk meminimasi *downtime* dan biaya pemeliharaan.

2. Analisis Hasil Model Age Replacement

a. Analisis Hasil Interval Waktu Pemeliharaan

Hasil rekapitulasi interval waktu pemeliharaan lebih kecil dari rata-rata waktu antar kerusakan pada tabel 13 sebagai berikut:

Tabel 13. Hasil Perhitungan Interval Waktu Pemeliharaan

menggunakan *Age Replacement* dan MTBF

Mesin Pompa Air	Interval Waktu Pemeliharaan (<i>Age Replacement</i>)	Interval Waktu Antar Kerusakan (MTBF)
I	50 hari	60 hari
II	49 hari	57 hari
III	50 hari	142 hari

(Sumber: Data Primer yang diolah, 2020)

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada tabel 13 bahwa interval waktu pemeliharaan lebih kecil dari rata-rata waktu antar kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa pada mesin pompa air I dalam periode 50 hari sudah harus melakukan *preventive maintenance* yang bertujuan untuk mengantisipasi sebelum terjadi kerusakan pada hari ke-60. Begitu juga pada mesin pompa air II yaitu diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 49 hari untuk mengantisipasi akan terjadi kerusakan pada hari ke-57. Sedangkan mesin pompa air III diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 50 hari untuk mengantisipasi akan terjadi kerusakan pada hari ke-142.

b. Analisis Penghematan Biaya Pemeliharaan

Berikut hasil persentase penghematan biaya perbaikan yang dilakukan dengan menggunakan metode *age replacement*. Berikut perhitungan persentase penghematan biaya perbaikan mesin pompa air:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Mesin I} &= \frac{\text{Rp.6.583.000} - \text{Rp.2.398.386,9}}{\text{Rp.6.583.000}} \times 100\% \\
 &= 63,5\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Mesin II} &= \frac{\text{Rp.5.800.000} - \text{Rp.2.160.116,4}}{\text{Rp.5.800.000}} \times 100\% \\
 &= 62,7\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Mesin III} &= \frac{\text{Rp.5.200.000} - \text{Rp.789.900,3}}{\text{Rp.5.200.000}} \times 100\% \\
 &= 84,8\%
 \end{aligned}$$

c. Analisis Fungsi Keandalan masing-masing Pompa Air

Pada mesin pompa air I berdasarkan perhitungan parameter distribusi *weibull* memiliki nilai fungsi $R(50)$ sebesar 0,13122 dan mempunyai persentase berdasarkan perhitungan IA sebesar 96,7%

Pada mesin pompa air II berdasarkan perhitungan parameter distribusi *weibull* memiliki nilai fungsi $R(49)$ sebesar 0,12479 dan mempunyai persentase berdasarkan perhitungan IA sebesar 96,6%

Untuk mesin pompa air III berdasarkan perhitungan parameter distribusi *weibull* memiliki nilai fungsi $R(50)$ sebesar 0,13796 dan mempunyai persentase berdasarkan perhitungan IA sebesar 98,6%

3. Usulan Pemeliharaan

Usulan pemeliharaan mesin pompa didasarkan dari nilai MTBF dan MTTR dan juga perhitungan minimasi biaya dengan metode *age replacement* yang didapat. Banyak keuntungan yang didapatkan apabila menerapkan hasil penelitian ini. Salah satunya adalah berguna untuk perawatan agar mesin tidak mengalami kerusakan secara tiba-tiba dan juga penghematan biaya yang minim saat terjadi kerusakan. Hal ini dikarenakan apabila melakukan *preventive maintenance* dengan baik dan tepat waktu maka kerusakan yang ditimbulkan tidak akan terlalu besar

Adapun penjelasan dari usulan pemeliharaan ini yaitu pada mesin pompa air I diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 50 hari sekali. Penjadwalan ini dapat menambah persentase fungsi keandalan dari mesin sebesar 96,7% yang artinya dapat beroperasi dengan sangat baik dan penghematan biaya sebesar 63,5% dari sebelum dilakukan penjadwalan dengan metode *age replacement*. Pada mesin pompa air II diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 49 hari sekali. Penjadwalan ini dapat menambah persentase fungsi keandalan dari mesin sebesar 96,6% yang artinya dapat beroperasi dengan sangat baik dan penghematan biaya sebesar 62,7% dari sebelum dilakukan penjadwalan dengan metode *age replacement*. Pada mesin pompa air III diharuskan melakukan *preventive maintenance* setiap 50 hari sekali. Penjadwalan ini dapat menambah

persentase fungsi keandalan dari mesin sebesar 96,6% dan penghematan biaya sebesar 84,8%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan rumusan masalah, hasil pengumpulan dan pengolahan data serta analisa dan pembahasan dari hasil penelitian di Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang adalah sebagai berikut :

1. Interval waktu pemeliharaan untuk mesin pompa air I yaitu setiap 50 hari sekali diadakan penjadwalan *preventive maintenance*. Sedangkan untuk mesin pompa air II memiliki interval waktu pemeliharaan setiap 49 hari sekali diadakan penjadwalan *preventive maintenance*. Untuk mesin pompa air III memiliki interval waktu pemeliharaan setiap 50 hari sekali diadakan penjadwalan *preventive maintenance*.
2. Nilai fungsi keandalan pada mesin pompa air I adalah 0,13122 pada parameter distribusi *weibull* dan memiliki persentase keandalan sebesar 96,7% pada perhitungan *Inherent Availability* (IA). Untuk nilai fungsi keandalan pada mesin pompa air II adalah 0,12479 pada parameter distribusi *weibull* dan memiliki persentase keandalan sebesar 96,6% pada perhitungan *Inherent Availability* (IA). Untuk nilai fungsi keandalan pada mesin pompa air III adalah 0,13796 pada parameter distribusi *weibull* dan memiliki persentase keandalan sebesar 98,6% pada perhitungan *Inherent Availability* (IA).
3. Berdasarkan data rekapitulasi biaya kerusakan sebelum diterapkan metode *age replacement* untuk mesin pompa air I adalah Rp.6.583.000. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *age replacement* mengalami penghematan sebesar Rp.2.398.386,9 atau 63,5%. Pada mesin pompa air II biaya kerusakan sebelum diterapkan metode *age replacement* adalah Rp.5.800.000. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *age replacement* mengalami penghematan sebesar Rp.2.160.116,4 atau 62,7%. Sedangkan pada mesin pompa air III biaya kerusakan sebelum diterapkan metode *age replacement* adalah Rp.5.200.000. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *age replacement* mengalami

penghematan sebesar Rp.789.900,3 atau 84,8%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N. & Mustajib, M. I. (2013). *Sistem perawatan terpadu*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Corder, A. S., Yustina, R., & Stok, R. E. (1998). Penerapan Multi-Criteria Decision Making Dalam Pengambilan Keputusan Sistem Perawatan. *Jurnal Teknik Industri*, 2(1), 1-12.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The McGraw-Hill Company, Singapore.
- Hazhiah, Indria T., Sugianto & Rahmawati, Rita. (2012). Estimasi Parameter Distribusi Weibull Dua Parameter Menggunakan Metode Bayes. *Jurnal Media Statistika*, 27-35.
- Jardine, A. K. S. (2001). *Maintenance Excellence*. Marcel Dekker Inc, New York.
- Jardine, A. K. S. (2006). *Maintenance, Replacement and Reliability*. Taylor and Francis Group, New York.
- Nursanti, E., Ma'ruf, A., Simatupang, T., & Iskandar, B. P. (2012). Cost and Availability Functions Using Imperfect Maintenance Policy for a Serial System. *In 2012 IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications*, 386-391.
- Nursanti, E. (2014). Hybrid Minimal Repair for Maximizing Availability of a Serial Continuous Production System. *Proceeding of Internasional Conference on Mechanical Engineering & Management (ICMEM)*, Singapore.
- Nursanti, E., Sibut, S., Hutabarat, J., & Septiawan, A. (2018). Risk Management In Subsea Pipelines Construction Project Using Delphi Method, FMECA, and Continuous Improvement. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(11), 3834-3838.
- Nursanti, E., Avief, R. M. S., & Kertaningtyas, M. (2019). Parallel Series Scheduling for Aircraft Overhaul Maintenance. *In 2019 International Conference on Organizational Innovation (ICOI 2019)*, 100, 640-644.
- Nursanti, E., Avief, S., Sibut, S., & Kertaningtyas, M. (2019). *Maintenance Capacity Planning Efisiensi & Produktivitas*. Dream Litera Buana, Malang.
- Nursanti, E., & Priyasmanu, T. (2022). Perencanaan Jadwal Pemeliharaan Mesin Cane Carrier Dan Imc Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) Pada Pg Kebon Agung. *Jurnal Valtech*, 5(1), 1-10.
- Priambodo, B., Nursanti, E., & Laksmana, D. I. (2021). Analisa Risiko Lift (Elevator) dengan Metode FMEA. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri*, 7(2), 7-12.
- Rinne, Horst. (2009). *The Weibull Distribution*. CRC Press, London.
- Ria, I., Nursanti, E., & Galuh, H. (2021). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Boiler Feed Pump Untuk Menurunkan Biaya Pemeliharaan Menggunakan Metode Markov Chain. *Jurnal Valtech*, 4(2), 226-237.