

Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Hanger Shot Blast Kazo Dengan Menggunakan Metode Age Replacement Di PT Barata Indonesia

Edo Ardo Agustawan^{1*}, Muhammad Zainuddin Fathoni², Dzakiyah Widyaningrum³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No. 101 GKB, Gresik (61121), Jawa Timur, Indonesia
edwardagustiawan@gmail.com^{1*}, zainuddin@umg.ac.id², dzakiyah@umg.ac.id³

INFO ARTIKEL

Jejak Artikel :

Upload artikel

04 Juni 2021

Revisi

15 September 2021

Publish

30 September 2021

Kata Kunci :

Preventive Maintenance, Age Replacement, Downtime, Keandalan (Reliability), Biaya

ABSTRAK

PT Barata Indonesia salah satu perusahaan yang bergerak di bidang Engineering, Procurement & Construction, Manufacturing, dan Foundry. Dalam bidang pengecoran tentunya memiliki berbagai macam mesin dan peralatan untuk menunjang proses produksi agar berjalan lancar tapi terkadang mesin juga bisa mengalami kerusakan sehingga itu harus bisa segera diatasi. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan waktu optimal penjadwalan perawatan preventive maintenance dan menentukan biaya setelah penerapan preventive maintenance pada komponen kritis Mesin Hanger Shot Blast Kazo. Metode yang digunakan untuk menentukan waktu optimal penggantian dan juga biaya komponen mesin adalah metode Age Replacement. Usulan penentuan penjadwalan interval waktu penggantian komponen paling kritis komponen Impeller dengan menggunakan metode Age Replacement di PT Barata Indonesia diperoleh interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 7 hari dengan tingkat keandalan komponen sebesar 79% sehingga terjadi 41 kali penggantian komponen dalam 1 periode pada bulan April 2019 – Maret 2020 dengan penghematan biaya sebesar Rp 1.045.237.557 dibandingkan dengan sebelum menggunakan penjadwalan dengan metode Age Replacement.

1. Pendahuluan

Di era industri yang semuanya serba canggih tentunya tidak lepas dengan mesin atau alat yang berfungsi untuk membantu keandalan mesin-mesin dalam produksi yang mempunyai kinerja yang baik guna menunjang proses produksi dan meningkatkan hasil dari produksi agar perusahaan memperoleh keuntungan yang maksimal[1][2]. Tapi pada kenyataannya, keandalan pada mesin akan mengalami penurunan kinerja mesin dikarenakan pemakaian yang terus menerus dan termakan oleh usia, maka dari itu perawatan harus dilakukan untuk menjaga produktifitas sebuah mesin baik perawatan secara preventif ataupun korektif. Kegiatan perawatan (maintenance) ditujukan untuk meraih tingkat biaya perawatan serendah mungkin, dengan melakukan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya[3][4].

Maintenance mempunyai peranan yang penting dalam keandalan (*reliability*) dan pemeliharaan peralatan maupun mesin produksi agar suatu proses produksi bisa berjalan dengan lancar. keandalan merupakan peluang suatu unit atau sistem berfungsi normal jika digunakan menurut kondisi operasi tertentu untuk periode waktu tertentu[5][6][7].

PT. Barata Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di berbagai bidang seperti *Engineering, Procurement & Construction, Manufacturing, dan Foundry*. PT Barata Indonesia mempunyai 4 *Workshop* , dan salah satunya adalah WS 1 dan 2 yang bergerak di bidang pengecoran. WS 1 berupa proses produksi dan *finishing*, sedangkan di WS 2 berisi *Machining*.

Pada periode April 2019 – Maret 2020 telah terjadi kerusakan mesin sebanyak 400 kali di bagian proses yaitu WS 1, bisa dilihat di tabel 1.1 dan itu mengakibatkan proses produksi terganggu. Data *downtime* mesin produksi periode bulan April 2019 – Maret 2020 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. *Downtime* Mesin produksi WS I

No	Nama Mesin / Alat	Frekuensi	<i>Downtime</i> (jam)	Persentase <i>Downtime</i>
1	Cetak UG F 1-3	11	21	2%
2	Cetak UG F 2-4	13	35	3%
3	<i>Sand Preparation</i>	10	33	2%
4	<i>Continues Mixer EF</i>	1	2	0%

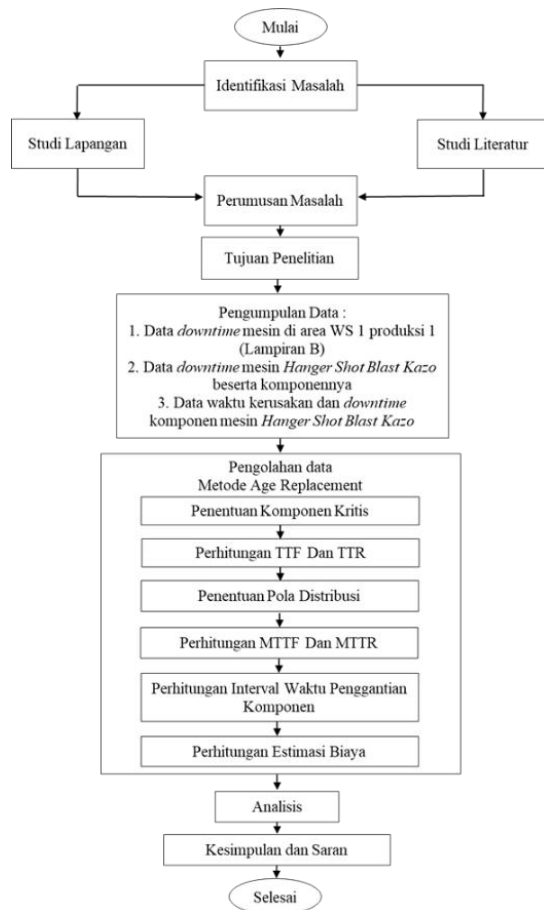
5	<i>Shake Out HM EF</i>	20	56	4%
6	<i>Mixer Core CD</i>	27	55	4%
7	<i>Rollover Stripping</i>	22	54	4%
8	<i>Continues Mixer Core</i>	12	25	2%
9	<i>Sand Reclamation</i>	77	237	18%
10	<i>Sand Mixer Core</i>	3	4	1%
11	<i>Hanger SB Kazo</i>	85	286,5	21%
12	<i>Hanger SB By AB Sinto</i>	50	174	13%
13	<i>Table Shot Blast</i>	18	62,5	5%
14	<i>HT 6 Ton</i>	16	44	3%
15	<i>HT 16 Ton</i>	17	47	3%
16	<i>AF 5 Ton</i>	6	177	13%
17	<i>AF 10 Ton</i>	0	0	0%
18	<i>Ind 2 ton</i>	1	4	0%
19	<i>Hanger Putih / Bitek</i>	12	32	2%
	Total	401	1349	100%

Berdasarkan hasil identifikasi yang telah diuraikan di atas, perawatan komponen kritis pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* mempunyai tujuan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *preventive maintenance* dengan pendekatan *Age Replacement*[8][9][10].

Dengan menggunakan metode *Age Replacement* diharapkan mampu membantu memperoleh interval waktu penggantian komponen mesin *Hanger Shot Blast Kazo* dan mengetahui penurunan *downtime* serta penghematan dari biaya yang dikeluarkan[11][12][13][14]. Dalam penelitian ini juga memberikan masukan kepada perusahaan untuk menentukan kebijakan lebih lanjut dalam penggantian komponen yang kritis pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* dan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan serta meminimalkan biaya penggantian yang dibebankan perusahaan[15].

2. Metode Penelitian

Pada bab ini diuraikan secara sistematis mengenai Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yang ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Identifikasi Masalah

Tahapan dimana mencari adanya permasalahan yang ada di produksi 1 yang berhubungan dengan bagian *maintenance* di PT Barata Indonesia khususnya area WS 1 Produksi 1.

Studi Lapangan Dan Literatur

Tahapan yang dilakukan dengan cara observasi langsung di area lapangan dengan cara wawancara kepada karyawan bagian *maintenance* dan juga mencari informasi-informasi yang berupa buku, referensi, katalog, jurnal penelitian, dan sumber literatur lain yang akan menunjang langkah-langkah dalam penelitian ini adalah *preventive maintenance* dengan menggunakan metode *Age Replacement*.

Perumusan Masalah

Untuk menentukan permasalahan yang terjadi pada PT Barata Indonesia perlu dilakukan identifikasi masalah yang ada di area bersangkutan yaitu area WS 1.

Tujuan Penelitian

Untuk menganalisa dan mengevaluasi kerusakan yang terjadi dan membuat interval perawatan yang optimal.

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data *downtime* mesin di area WS 1, data *downtime* mesin *Hanger Shot Blast Kazo* beserta komponennya dan data waktu kerusakan dan lama perbaikan komponen *Hanger Shot Blast Kazo*

Pengolahan Data

Tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data setelah mengetahui data dari frekuensi kerusakan mesin dan *downtime* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah menentukan komponen kritis, perhitungan TTF dan TTR, menentukan pola distribusi dari TTF dan TTR, perhitungan estimasi parameter, perhitungan MTTF dan MTTR, perhitungan *reliability*, perhitungan interval waktu penggantian komponen, dan yang terakhir adalah perhitungan estimasi biaya.

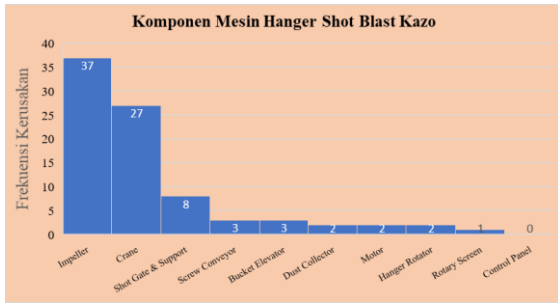
Lalu tahapan berikutnya adalah menganalisa hasil perhitungan MTTF, MTTR, nilai *reliability* mesin, interval waktu perawatan mesin dan estimasi biaya perawatan mesin apabila menggunakan metode *Age Replacement*. Setelah analisa yang dilakukan maka dapat memperoleh kesimpulan dari penelitian ini dan juga dapat diajukan beberapa usulan yang nantinya mendapatkan perawatan yang efektif dan efisien bagi perusahaan PT Barata Indonesia khususnya pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo*.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan tabel 1, data *downtime* mesin yang dikumpulkan pada bulan April 2019 – Maret 2020, mesin *Hanger Shot Blast Kazo* mengalami frekuensi kerusakan paling banyak di area WS 1.

Penentuan Komponen Kritis

Untuk menentukan komponen yang paling kritis pada mesin *Hanger Shot Blast* dapat dilakukan dengan cara pembuatan grafik histogram pada gambar 2, untuk memudahkan komponen yang memiliki banyak maupun sedikit frekuensi kerusakan.



Gambar 2. Grafik histogram komponen mesin Hanger Shot Blast Kazo

Dari gambar 2 diatas dapat diketahui bahwa komponen kritis pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah komponen *Impeller* dengan frekuensi kerusakan paling banyak yaitu 37 kerusakan.

Data Waktu Antar Kerusakan (TTF) Dan Lama Perbaikan (TTR)

TTF adalah waktu antar kerusakan yang dihitung berdasarkan waktu saat komponen mesin telah diperbaiki hingga waktu mesin diperbaiki selanjutnya. TTR adalah waktu yang diperlukan agar mesin tersebut dapat dioperasikan dalam keadaan normal. Hasil perhitungan nilai TTF dan TTR dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. TTF komponen *impeller*

No	Tanggal Terjadinya Kerusakan	Jarak Antar Kerusakan (Hari)
1	05/04/2019	0
2	11/04/2019	6
3	18/04/2019	7
4	26/04/2019	8
5	03/05/2019	7
6	13/05/2019	10
7	21/05/2019	8
8	01/06/2019	10
9	10/06/2019	9
10	14/06/2019	4
11	19/06/2019	5
12	04/07/2019	15
13	18/07/2019	14
14	30/07/2019	12
15	09/08/2019	9
16	16/08/2019	7
17	23/08/2019	7
18	03/09/2019	10
19	09/09/2019	6
20	19/09/2019	10

21	28/09/2019	9
22	08/10/2019	10
23	16/10/2019	8
24	24/10/2019	8
25	07/11/2019	13
26	20/11/2019	13
27	25/11/2019	5
28	07/12/2019	12
29	18/12/2019	11
30	30/12/2019	12
31	11/01/2020	11
32	23/01/2020	12
33	01/02/2020	8
34	10/02/2020	9
35	17/02/2020	7
36	25/02/2020	8
37	06/03/2020	11

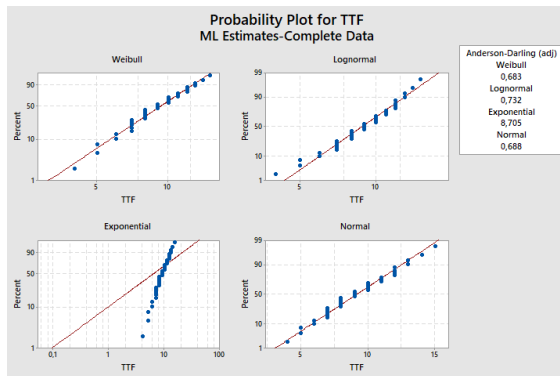
Tabel 3. TTR komponen *Impeller*

No	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	Lama Perbaikan (Jam)
1	05/04/2019	05/04/2019	5
2	11/04/2019	11/04/2019	6
3	18/04/2019	18/04/2019	3
4	26/04/2019	26/04/2019	4
5	03/05/2019	03/05/2019	3
6	13/05/2019	13/05/2019	4
7	21/05/2019	21/05/2019	4
8	01/06/2019	01/06/2019	3
9	10/06/2019	10/06/2019	4
10	14/06/2019	14/06/2019	4
11	19/06/2019	19/06/2019	4
12	04/07/2019	04/07/2019	4
13	18/07/2019	18/07/2019	4
14	30/07/2019	30/07/2019	5
15	09/08/2019	09/08/2019	2,5
16	16/08/2019	16/08/2019	2
17	23/08/2019	23/08/2019	2
18	03/09/2019	03/09/2019	4
19	09/09/2019	09/09/2019	4
20	19/09/2019	19/09/2019	3
21	28/09/2019	28/09/2019	4
22	08/10/2019	08/10/2019	6
23	16/10/2019	16/10/2019	6
24	24/10/2019	24/10/2019	5
25	07/11/2019	07/11/2019	4
26	20/11/2019	20/11/2019	2

27	25/11/2019	25/11/2019	2
28	07/12/2019	07/12/2019	2
29	18/12/2019	18/12/2019	1,5
30	30/12/2019	30/12/2019	3
31	11/01/2020	11/01/2020	4
32	23/01/2020	23/01/2020	3
33	01/02/2020	01/02/2020	4
34	10/02/2020	10/02/2020	3
35	17/02/2020	17/02/2020	1,5
36	25/02/2020	25/02/2020	2
37	06/03/2020	06/03/2020	4

Penentuan Pola Distribusi Waktu Antar Kerusakan (TTF)

Penentuan pola distribusi bisa didapatkan dengan memasukkan data waktu antar kerusakan pada tabel 2. Dari tabel tersebut kemudian akan dilakukan pengujian menentukan distribusi dengan bantuan *software Minitab 18* dan kemudian hasil yang didapatkan adalah seperti gambar di bawah ini.

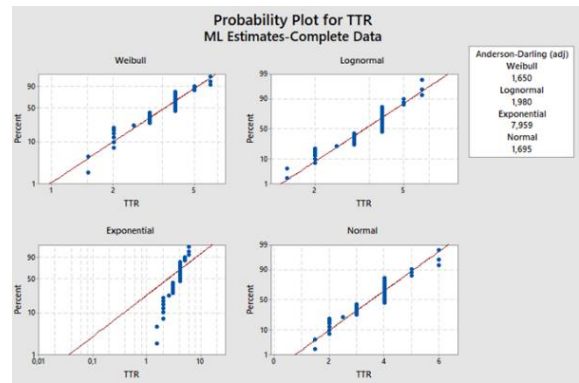


Gambar 3. Penentuan distribusi TTF komponen *impeller*

Berdasarkan gambar 3 diatas, suatu data dikatakan mengikuti distribusi tertentu apabila nilai statistik Anderson-Darling semakin kecil. Nilai yang dimaksud adalah *square error*. Diantara 4 distribusi yang telah diuji, distribusi yang bernilai statistik Anderson-Darling paling kecil adalah distribusi weibull dengan nilai 0,663. Jadi, data waktu antar kerusakan komponen *impeller* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah distribusi weibull.

Penentuan Pola Distribusi Lama Perbaikan (TTR)

Sedangkan untuk penentuan pola distribusi lama perbaikan (TTR) bisa didapatkan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4. Penentuan distribusi TTR komponen *impeller*

Berdasarkan gambar 4 diatas, diantara 4 distribusi yang telah diuji, distribusi yang bernilai statistik Anderson-Darling paling kecil adalah distribusi weibull dengan nilai 1,650. Jadi, data waktu lama perbaikan (*downtime*) komponen *impeller* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah distribusi weibull.

Perhitungan Estimasi Parameter

Perhitungan parameter digunakan untuk mengetahui nilai β (*shape parameter*) dan θ (*scale parameter*) setelah distribusi telah ditentukan. Untuk menentukan distribusi adalah dengan cara menghitung jarak antar kerusakan pada komponen, kemudian memasukkan data jarak antar kerusakan ke dalam aplikasi *Minitab 18*. Perhitungan parameter yang digunakan pada komponen kritis *impeller* ini adalah distribusi weibull.

Perhitungan Estimasi Parameter TTF Komponen *Impeller*

Berikut merupakan perhitungan mencari nilai β (*shape parameter*) dan θ (*scale parameter*) TTF yang dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 4. TTF komponen *impeller*

No	t_i	$Y_i = \ln t_i$	Y_i^2	$F(t_i)$	$X_i = \ln \ln$	X_i^2	$X_i Y_i$
1	4	1,38629 4	1,921812	0,01923 1	- 3,94155 0	15,5358 19	- 5,46414 9
2	5	1,60943 8	2,590290	0,04670 3	- 3,04012 1	9,24233 7	- 4,89288 6
36	15	2,70805 0	7,333536	0,98076 9	1,37403 0	1,88796 0	3,72094 3
Jumlah	33 1	78,3070 32	173,6260 04	18,0000 00	- 20,0250 17	62,0751 69	- 30,7358 44

Rumus dari tabel perhitungan diatas adalah sebagai berikut :

a. $Y_i = \ln t_i = \ln(4) = 1,386294$

b. $Y_i^2 = (1,386294)^2 = 1,921812$

c. $F(t_i) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} = \frac{(1-0,3)}{(36+0,4)} = 0,019231$

d. $X_i = \ln \ln \left[\frac{1}{(1-F(t_i))} \right] = \ln \ln \left[\frac{1}{(1-0,019231)} \right] = -3,94155$

e. $X_i^2 = (-3,94155)^2 = 15,535819$

f. $X_i Y_i = 1,386294 * (-3,94155) = -5,464149$

g. β (shape parameter)

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

$$= \frac{(36 * (-30,735844)) - (-20,025) * (78,307032)}{(36 * 62,075) - (-20,025)^2}$$

$$= 0,25173$$

$$\beta = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,25173} = 3,97241$$

a

$$= \frac{\sum Y_i - b * \sum X_i}{n}$$

$$= \frac{(78,307032) - (0,25173) * (-20,025)}{36}$$

$$= 2,31522$$

h. θ (scale parameter)

$$\theta = e^{-a} = \exp(a)$$

$$\theta = 2,718 (2,31522) = 10,12718$$

Rumus dari tabel perhitungan diatas adalah sebagai berikut :

a. $Y_i = \ln t_i = \ln(1,5) = 0,40547$

b. $Y_i^2 = (0,40547)^2 = 0,16440$

c. $F(t_i) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} = \frac{(1-0,3)}{(37+0,4)} = 0,01872$

d. $X_i = \ln \ln \left[\frac{1}{(1-F(t_i))} \right] = \ln \ln \left[\frac{1}{(1-0,01872)} \right] = -3,96891$

e. $X_i^2 = (-3,94155)^2 = 15,75227$

f. $X_i Y_i = 1,386294 * (-3,94155) = -1,60926$

g. β (shape parameter)

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

$$= \frac{(37 * (-9,18827)) - (-20,59755) * (44,57440)}{(37 * 63,9755) - (-20,59755)^2}$$

$$= 0,29758$$

$$\beta = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,29758} = 3,36038$$

a

$$= \frac{\sum Y_i - b * \sum X_i}{n}$$

$$= \frac{(44,57440) - (0,29758) * (-20,59755)}{37}$$

$$= 1,37037$$

h. ϑ (scale parameter)

$$\theta = e^{-a} = \exp(a)$$

$$\theta = 2,718 (1,37037) = 3,72466$$

Perhitungan Estimasi Parameter TTR Komponen Impeller

Berikut merupakan perhitungan mencari nilai β (shape parameter) dan θ (scale parameter) TTR yang dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 5. TTR komponen impeller

tp	t _i	y _i	y _i ²	f(t _i)	x _i	x _i ²	x _i y _i
1	1,5	0,40547	0,16440	0,0187 2	- 3,96891	15,7522 7	- 1,6092 6
2	1,5	0,40547	0,16440	0,0454 5	- 3,06787	9,41184	- 1,2439 2
37	6	1,79176	3,21040	0,9812 8	1,38087	1,90679	2,4741
jumlah	131, 5	44,5744 0	58,7290 1	18,5	- 20,5975 5	63,9755	- 9,1882 7

Perhitungan MTTF dan MTTR

Berikut ini adalah perhitungan nilai (Mean Time to Failure) MTTF dan (Mean Time to Repair) MTTR untuk distribusi weibull :

a. $MTTF = \theta * \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$

$$MTTF = 10,12718 * \Gamma \left(1 + \frac{1}{3,97241} \right)$$

$$MTTF = 10,12718 * \Gamma(1,25)$$

$$MTTF = 10,12718 (0,90640)$$

$$MTTF = 9,18 \text{ hari atau } 220,32 \text{ jam}$$



Nilai $\theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$ dapat dilihat pada tabel dari fungsi Gamma di (Lampiran A), dimana nilai $\Gamma(1,25)$ adalah 0,90640.

MTTF adalah waktu rata – rata jarak kerusakan komponen atau mesin yang pertama sampai kerusakan berikutnya. Berdasarkan perhitungan diatas pada periode bulan April 2019 – Maret 2020, rata rata waktu kerusakan komponen *impeller* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah sebesar 9,18 hari atau 220,32 jam.

b. $MTTR = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$

$$MTTR = 3,72466 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{3,36038}\right)$$

$$MTTR = 3,72466 \cdot \Gamma(1,29)$$

$$MTTR = 3,72466 (0,89904)$$

$$MTTR = 3,34 \text{ jam}$$

Nilai $\theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$ dapat dilihat pada tabel dari fungsi Gamma di (Lampiran A), dimana nilai $\Gamma(1,25)$ adalah 0,89904.

MTTR adalah waktu rata – rata yang diperlukan pada saat perbaikan komponen ataupun mesin. Berdasarkan perhitungan diatas pada periode bulan April 2019 – Maret 2020, rata rata waktu perbaikan komponen *impeller* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah sebesar 3,34 jam.

Perhitungan Reliability Pada Komponen Impeller

Nilai keandalan dapat dihitung dengan rumus :

$$R(t) = \exp \left[\left(-\frac{t}{\theta}\right)^\beta \right]$$

$$R(1) = 2,718 \left[\left(-\frac{1}{10,12718}\right)^{3,97241} \right]$$

$$R(1) = 2,718 \left[(-0,0987)^{3,97241} \right]$$

$$R(1) = 0,9998987$$

Untuk perhitungan interval (t) keandalan dari komponen *impeller* yang selanjutnya bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Nilai keandalan (*reliability*) komponen *impeller*

Interval (t)	Nilai Keandalan (<i>reliability</i>)
1	0,9998987
2	0,9984105
3	0,9920678
4	0,9753385
5	0,9412097
6	0,8824901
7	0,7940496
8	0,6757294
9	0,5348273
10	0,3863287
11	0,2493744
12	0,1405438
13	0,0674243
14	0,0267865
15	0,0085552
16	0,0021279
17	0,0003984
18	0,0000542
19	0,0000051
20	0,0000003

Menentukan Interval Waktu Penggantian Komponen Impeller

Lama waktu penggantian pencegahan komponen *Impeller* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah kurang lebih 3 jam. Sedangkan untuk perhitungan waktu *downtime* perbaikan kerusakan komponen bisa dilihat pada tabel 4.4, yaitu total jam kerusakan dibagi dengan jumlah kerusakan.

T_p : 3 jam

T_f : 3,55 jam

Perawatan Penggantian Pencegahan Metode Age Replacement Pada Komponen Impeller

Setelah menentukan waktu *downtime* penggantian pencegahan (T_p) dan waktu *downtime* perbaikan kerusakan (T_f) maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai minimasi *downtime* d (tp) interval (t) ke 1 dengan rumus sebagai berikut :

$$D(tp) = \frac{T_p \cdot R(tp) + T_f \cdot (1 - R(tp))}{(tp + T_p) \cdot R(tp) + (M(tp) + T_f) \cdot (1 - R(tp))}$$

Dengan nilai yang diketahui sebagai berikut :

T_p : 3 jam

T_f : 3,55 jam

$R(1)$: 0,9998987

$$M(tp) = \frac{MTTF}{1-R(tp)}$$

$$= \frac{9,179}{1-0,9998987}$$

$$= 90576,6880$$

$$D(tp) = \frac{T_p.R(tp)+T_f.(1-R(tp))}{(tp+T_p).R(tp)+(M(tp)+T_f).(1-R(tp))}$$

$$D(1) = \frac{3 * 0,9998987 + 3,55 * (0,0001013)}{(1+3) * 0,9998987 + (90576,6880 + 3,55) * (0,0001013)}$$

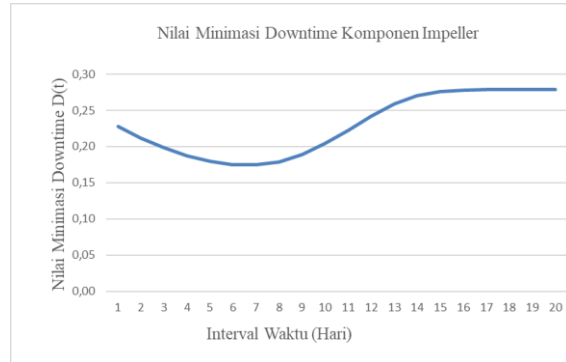
$$D(1) = 0,2276399$$

Setelah nilai hasil dari d(1) diketahui maka nilai seluruh perhitungan interval (t) waktu dapat dilihat pada tabel 7 dan bisa dilihat pada gambar 5 dibawah ini.

Tabel 7. Nilai minimasi downtime komponen *impeller*

Interval (t)	D (tp)
1	0,2276399
2	0,2116766
3	0,1981826
4	0,1872486
5	0,1792437
6	0,1747366
7	0,1744070
8	0,1789290
9	0,1887633
10	0,2037582
11	0,2225531
12	0,2421988
13	0,2589036
14	0,2700888
15	0,2758421

16	0,2780806
17	0,2787300
18	0,2788677
19	0,2788884
20	0,2788906



Gambar 5. Grafik nilai minimasi downtime komponen *Impeller*

Berdasarkan tabel dan gambar diatas, dapat diketahui nilai D(tp) yang paling kecil adalah pada interval hari ke 7 dengan nilai downtime 0,1744070. Sehingga interval waktu penggantian pencegahan komponen *impeller* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* dilakukan pada hari ke 7.

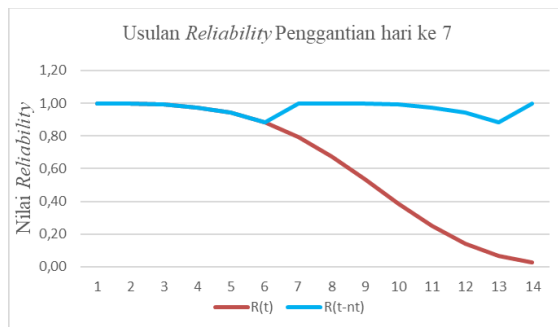
Nilai Reliability Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode Age Replacement

Analisis *reliability* dilakukan dengan cara mencari nilai MTTF lalu menghitung *reliability* dari komponen dengan formula yang sesuai yaitu distribusi *weibull*. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MTTF yaitu 9 hari sehingga akan dilakukan simulasi *preventive maintenance* pada interval 7 hari. Sehingga didapatkan nilai *reliability* komponen tiap waktu penggunaan dengan menggunakan waktu kelipatan 7 hari. Hasil yang didapatkan dari nilai *reliability* sebelum dan sesudah *preventive maintenance* tiap 7 hari bisa dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Nilai minimasi downtime komponen *impeller*

t	R(t)	n	T	t-nT	R(t-nT)
1	0,9998987	0	0	1	0,9998987
2	0,9984105	0	0	2	0,9984105
3	0,9920678	0	0	3	0,9920678
4	0,9753385	0	0	4	0,9753385

5	0,9412097	0	0	5	0,9412097
6	0,8824901	0	0	6	0,8824901
7	0,7940496	1	7	0	1,000000
8	0,6757294	1	7	1	0,9998987
9	0,5348273	1	7	2	0,9984105
10	0,3863287	1	7	3	0,9920678
11	0,2493744	1	7	4	0,9753385
12	0,1405438	1	7	5	0,9412097
13	0,0674243	1	7	6	0,8824901
14	0,0267865	2	7	0	1,000000



Gambar 6. Grafik nilai minimasi downtime komponen *impeller*

Berdasarkan gambar 6 diatas pada hari ke 1 sampai dengan hari ke 7 baik R(t) maupun R(nT) dengan keterangan R(t) garis merah adalah (sebelum menggunakan metode *Age Replacement*) dan R(nT) garis biru adalah (sesudah menggunakan metode *Age Replacement*), keduanya mengalami penurunan dikarenakan proses produksi yang terus menerus. Namun pada hari ke 7 grafik merah (sesudah melakukan penerapan metode *Age Replacement*) mengalami kenaikan karena telah dilakukan penggantian pencegahan komponen sehingga komponen mengalami kenaikan *reliability* karena kondisi masih baru.

Perhitungan Biaya Kerusakan Dan Penggantian Komponen

Biaya penggantian kerusakan (Cf) dalam 1 kali kerusakan bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9. Perhitungan biaya penggantian kerusakan

No	Keterangan	
1	Biaya tenaga kerja operator	Rp 20.141/jam
2	Biaya tenaga kerja <i>maintenance</i> (3 orang)	Rp 60.422 /jam

3	Biaya suku cadang komponen <i>impeller</i>	Rp 4.945.500
4	Mesin keadaan berhenti (<i>trip</i>)	Rp 127.170.000/jam
5	Rata-rata waktu perbaikan kerusakan (Tf)	3,55 jam

Untuk menghitung biaya penggantian kerusakan (Cf) adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$Cf = ((\text{biaya tenaga kerja} + \text{kerugian mesin dalam keadaan berhenti}) \times Tf) + \text{biaya suku cadang}$

$$Cf = ((20.141 + 60.422) + 127.170.000) \times 3,55 + 4.945.500$$

$$Cf = ((80.563 + 127.170.000) \times 3,55) + 4.945.500$$

$$Cf = (127.250.563 \times 3,55) + 4.945.500$$

$$Cf = (451.739.499) + 4.945.500$$

$$Cf = \text{Rp } 456.684.999 / \text{kerusakan}$$

Biaya Penggantian Pencegahan (Cp) dalam 1 kali kerusakan bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 10. Perhitungan biaya penggantian pencegahan

No	Keterangan	
1	Biaya tenaga kerja <i>maintenance</i> (3 orang)	Rp 60.422 /jam
2	Biaya suku cadang komponen <i>impeller</i>	Rp 4.945.500
3	Mesin keadaan berhenti (<i>trip</i>)	Rp 127.170.000/jam
4	Lama waktu penggantian pencegahan (Tp)	3 jam

Untuk menghitung biaya penggantian pencegahan (Cp) adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$Cp = ((\text{biaya tenaga kerja } maintenance + \text{mesin keadaan berhenti}) \times Tp) + \text{biaya suku cadang}$

$$Cp = ((60.422 + 127.170.000) \times 3) + 4.945.500$$

$$Cp = (127.230.422 \times 3) + 4.945.500$$

$$Cp = 381.691.266 + 4.945.500$$

$C_p = \text{Rp } 386.636.766 / \text{penggantian}$

Perhitungan Total Biaya Penggantian Kerusakan Komponen Impeller

Biaya perawatan yang dilakukan saat penggantian kerusakan (C_f) dalam satu kali kerusakan adalah sebesar Rp 456.684.999. Jika pada periode bulan April 2019 – bulan Maret 2020 frekuensi kerusakan yang terjadi adalah sebanyak 37 kali maka total biaya yang dikeluarkan adalah sebesar Rp 456.684.999 x 37 = Rp 16.897.344.963.

Perhitungan Biaya Perawatan Usulan Komponen Impeller

Biaya perawatan jika menggunakan usulan dengan metode *Age Replacement* pada komponen impeller mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah untuk 1 kali penggantian sebesar Rp 386.636.766. Jumlah waktu operasi mesin dalam bulan April 2019 – Maret 2020 (24 hari kerja/bulan x 12) adalah sebanyak 288 hari. Jika penggantian komponen menggunakan metode *age replacement* menggunakan rumus $\frac{\text{Jumlah Waktu Operasi Mesin Kerja}}{\text{usulan interval waktu metode age replacement}}$ maka perhitungannya adalah $\frac{288 \text{ hari}}{7}$ adalah 41 (41,14). Untuk hasil total keseluruhan usulan biaya perawatan adalah sebesar Rp 386.636.766 x 41 = Rp 15.852.107.406.

Perbandingan Biaya Perawatan Dengan Usulan Penerapan Metode Age Replacement

Rekapitulasi total biaya perawatan sebelum dan sesudah menggunakan metode *Age Replacement* dapat dilihat pada tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 11. Rekapitulasi total biaya perawatan sebelum dan sesudah menggunakan metode *Age Replacement*

Komponen	Total Biaya		Penghematan
	Saat Ini	Usulan Metode <i>Age Replacement</i>	
<i>Impeller</i>	Rp 16.897.344.963	Rp 15.852.107.406	Rp 1.045.237.557

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa dengan menggunakan metode *Age Replacement* akan menghemat biaya perawatan pencegahan sebesar Rp Rp 16.897.344.963 – Rp 15.852.107.406 = **Rp 1.045.237.557.**

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pembahasan serta analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Komponen *impeller* merupakan komponen yang paling kritis dikarenakan terdapat 37 kali frekuensi kerusakan pada bulan April 2019 – Maret 2020 berdasarkan tabel 5.1
2. Keandalan (*reliability*) komponen *impeller* pada mesin *Hanger Shot Blast Kazo* adalah sebesar 53%. Berdasarkan perhitungan nilai *reliability* perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan metode *Age Replacement* akan meningkat sebesar 26%, dari 53% Menjadi 79%.
3. Berdasarkan perhitungan interval waktu penggantian komponen kritis dengan menggunakan metode *Age Replacement* dengan kriteria minimasi downtime menghasilkan interval penggantian komponen kritis impeller pada interval hari ke 7.
4. Dari perhitungan total penggantian pencegahan komponen impeller pada mesin *Hanger Shot Blast* diketahui biaya usulan perawatannya yaitu sebesar Rp 15.852.107.406 dengan melakukan penggantian komponen selama 41 kali pada periode bulan April 2019 – Maret 2020 dan mengalami penghematan sebesar Rp 1.045.237.557.

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai masukan bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah :

1. Perusahaan perlu menggunakan metode *Age Replacement* untuk mempermudah menentukan interval penggantian komponen yang optimal. Dari hasil penelitian, perusahaan harus mengganti interval waktu komponen *Impeller* pada hari ke 7.
2. Pencatatan mengenai data kerusakan mesin dan waktu lama perbaikan perlu dilakukan lebih teliti lagi, karena suatu jadwal perawatan akan membuat kinerja mesin meningkat.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan mesin, objek atau komponen yang berbeda.



5. Daftar Pustaka

- [1] T. Taufik and S. Septyani, "Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin Di PT Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 14, no. 2, p. 238, 2016, doi: 10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015.
- [2] M. K. Jaka Purnama, Yosua Anggara Putra, "Metode Age Replacement Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. III 2015 Inst. Teknol. Adhi Tama Surabaya ISBN*, pp. 115–126, 2015.
- [3] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 02, p. 31, 2016, doi: 10.25124/jrsi.v3i02.29.
- [4] M. Djunaidi and Mila Faila Sufa, "Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Pencetak Botol (Mould Gear) berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime," *J. Tek. Gelagar*, vol. 18, no. 1, pp. 33–41, 2007.
- [5] C. Ekawati and F. H. Mustofa, "Jadwal Perawatan Preventive Pada Mesin Dyeing Menggunakan Metode Age Replacement di PT . Nobel Industries," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 4, no. 2, pp. 137–148, 2016.
- [6] N. A. Fikri and E. P. Widjajati, "Penentuan Interval Perawatan Mesin Air Separation Plant Secara Preventive Downtime Maintenance Dengan Menggunakan Metode Age Replacement Pada Pt. Xyz," *Juminten*, vol. 1, no. 3, pp. 153–164, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i3.114.
- [7] E. Santoso and E. J. Chairul, "Minimasi Downtime Tool Punch Mesin Heading Pada Preventive Maintenance Dengan Metode Age Replacement," *Ind. Syst. Eng. Assess. J. - Discontin.*, vol. 8, no. 2, pp. 134–143, 2007.
- [8] R. Sari, "Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (Studi Kasus: PLTU Paiton Unit 3)," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 23–124, 2017, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/214368/perancangan-sistem-pemeliharaan-menggunakan-metode-reliability-centered-maintena>.
- [9] U. T. Kirana, J. Alhilman, and S. Sutrisno, "Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza Ff100 Pada Line 3 Pt Xyz Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Ii," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 01, p. 47, 2016, doi: 10.25124/jrsi.v3i01.41.
- [10] S. D. Mutiara, A. Rahman, and I. Hamdala, "PERENCANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE KOMPONEN CANE CUTTER I DENGAN PENDEKATAN AGE REPLACEMENT (Studi Kasus di PG Kebon Agung Malang) PREVENTIVE MAINTENANCE IMPLEMENTATION OF CANE CUTTER I (Case Study at PG Kebon Agung Malang) Abstrak," pp. 396–405, 2014.
- [11] R. S. Prabowo, P. A. Setiawan, A. I. Juniani, Wiedartini, and I. Erawati, "Reliability analysis of hanger shot blast KAZO machine in foundry plant," *MATEC Web Conf.*, vol. 204, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1051/mateccconf/201820403007.
- [12] Y. Y. Prawiro, "Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Volpack Menggunakan Metode Age Replacement," *J. Tek. Ind.*, vol. 16, no. 2, p. 92, 2017, doi: 10.22219/jtiumm.vol16.no2.92-100.
- [13] A. P. Ramadhan and Iskandar, "PENENTUAN JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE

- MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT PADA FORKLIFT 5 TON DI PT SWADAYA GRAHA Tujuan Penelitian Manfaat Penelitian,” vol. 01, pp. 54–61, 2015.
- [14] A. D. Susanto and H. H. Azwir, “Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif,” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 17, no. 1, p. 21, 2018, doi: 10.23917/jiti.v17i1.5380.
- [15] S. G. Tama and Iskandar, “PENENTUAN INTERVAL WAKTU OPTIMAL PENGGANTIAN KOMPONEN WIRE SCREEN PADA MESIN WIRE PART DENGAN METODE AGE REPLACEMENT DI PT . MOUNT DREAM INDONESIA Segi Gavin Tama Iskandar Abstrak,” *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 175–182, 2017.