

PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN MESIN FILLING DAN TINGKAT KETERSEDIAAN KOMPONEN KRITIS GUNA MEMINIMALKAN DOWNTIME

Imam Sodikin, Joko Susetyo, Ahmad Basiron

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta

Jln. Kalisahak No. 28 Kompleks Balapan Yogyakarta 55222

Email: imam@akprind.ac.id

Abstrak

Perawatan terjadwal merupakan aktivitas perawatan yang terencana dan bertujuan agar mesin mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Mesin filling adalah mesin utama dalam proses packing di CV Cita Nasional, sehingga perlu dilakukan perawatan yang terencana untuk menjaga mesin tetap beroperasi. Kebijakan perusahaan yang masih menerapkan sistem perawatan korektif berpotensi terhadap terjadinya kerusakan pada saat proses produksi berjalan. Kajian ini dilakukan dalam upaya menentukan interval waktu perawatan mesin yang optimal dan tingkat ketersediaan komponen yang memadai. Berdasarkan pendekatan metode ABC dan pareto diagram, terdapat empat komponen kritis pada mesin filling yaitu komponen elemen pemanas, cutting, thermocouple dan termo kontrol. Nilai MTTF data historis untuk masing-masing komponen adalah 13, 13, 36 dan 36 (hari). Simulasi data perawatan dengan metode Monte Carlo digunakan untuk memperkirakan distribusi kerusakan yang akan terjadi. Nilai MTTF hasil simulasi dijadikan pembandingan kesesuaian pola distribusi data perawatan dengan sistem nyatanya. Nilai MTTF hasil simulasi adalah 14, 14, 26 dan 29 (hari). Hasil keputusan dan pembandingan lanjutan dilakukan melalui pendekatan preventive Age Replacement agar diperoleh tingkat ketersediaan komponen. Diperoleh hasil interval penggantian optimal keempat komponen adalah 10, 13, 28 dan 27 (hari) dengan nilai availability yaitu 99,29%, 99,45%, 99,50% dan 99,58%.

Kata kunci: Availability, Perawatan Preventif, Preventive Age Replacement

1. PENDAHULUAN

Di era industri modern saat ini persaingan antar industri tidak dapat dihindari. Kemampuan produksi harus ditingkatkan agar mampu bersaing dengan industri lainnya untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Kemampuan produksi sangat dipengaruhi oleh kelancaran proses produksi sangat bergantung dari kemampuan dan ketersediaan alat produksi yang baik. Untuk memenuhi target dari fasilitas produksi yang mampu mendukung kelancaran proses produksi, maka diperlukan adanya perawatan pada mesin/fasilitas produksi yang ada. Perawatan yang baik adalah perawatan yang dilakukan sebelum mesin mengalami kerusakan, sehingga perlu adanya penjadwalan yang tepat agar perawatan preventif yang dilakukan benar-benar mencegah dan mengembalikan performa mesin yang optimal.

CV Cita Nasional merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan minuman yaitu Susu Pasteurisasi dan Homogenisasi. Perusahaan tersebut saat ini tengah mengalami perkembangan yang cukup baik, hal ini terlihat dari penambahan jenis produk dan penambahan mesin produksi yang baru. Seiring dengan bertambahnya jenis produk, maka akan menambah jumlah mesin maupun frekuensi penggunaan mesin. Hal ini membutuhkan perencanaan perawatan yang baik untuk mendukung pemenuhan target produksi. Salah satu aktivitas dalam proses pembuatan minuman susu pasteurisasi adalah proses *packing*. Pada proses *packing* ini terdapat satu mesin yang sangat penting fungsinya yaitu mesin *filling*. Mesin *filling* mempunyai peran yang sangat penting dalam proses produksi pada bagian *packing* di CV Cita Nasional. Data historis menunjukkan bahwa mesin tersebut sering mengalami kerusakan dan perawatannya secara korektif. Hal ini menjadi penyebab terganggunya proses produksi. Penentuan penggantian komponen menggunakan metode Simulasi Monte Carlo dan pendekatan *Preventive Age Replacement* akan membantu dalam menentukan kebijakan perawatan yang lebih baik guna meminimalkan *downtime* (waktu kerusakan) saat proses produksi.

2. METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan dalam kajian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penentuan mesin dan komponen kritis
Penentuan mesin ditentukan berdasarkan hasil observasi dengan melihat seberapa besar pengaruh mesin *filling*. Penentuan komponen kritis pada mesin *filling* dengan pendekatan metode ABC dan prinsip pareto.
- b. Perhitungan *Time To Failure* (TTF)
Perhitungan TTF dilakukan dengan menghitung selisih waktu antar kerusakan yang terjadi.

$$\text{Jumlah hari antar kerusakan} = O_{i+1} - O_i \quad (1)$$

$$\text{TTF} = O_{i+1} - O_i - \text{TTR}_i \quad (2)$$

- c. Penentuan nilai *Index Of Fit* distribusi data TTF dari data historis dan penentuan parameter
Perhitungan nilai *index of fit* menggunakan *software minitab 16*. Pendugaan distribusi data TTF ditentukan berdasarkan nilai *index of fit* terbesar pada masing-masing komponen kritis. Jenis distribusi waktu kerusakan antara lain distribusi *weibull*, lognormal, normal dan eksponensial. Penentuan parameter mengikuti hasil pendugaan distribusi yang terpilih.
- d. Pengujian *Goodness Of Fit* distribusi data TTF dari data historis
Uji hipotesa *goodness of fit* terhadap data distribusi TTF dari data historis pada masing-masing komponen kritis. Pengujian kesesuaian ini dilakukan untuk membuktikan data TTF mengikuti salah satu dari karakteristik distribusi yang dipilih.
- e. Perhitungan nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) distribusi data historis
Perhitungan nilai MTTF menggunakan rumus yang sesuai dengan distribusi terpilih dengan parameter dari distribusi yang terpilih tersebut.

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \quad (3)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \quad (4)$$

$$M_{\text{hitung}} = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left(\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left(\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \quad (5)$$

$$\text{MTTF} = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (6)$$

- f. Melakukan simulasi Monte Carlo dari distribusi data TTF dari data historis
Simulasi ini dilakukan untuk menduga pola distribusi kerusakan di waktu mendatang. Hasil dari simulasi Mote Carlo ini adalah data TTF di waktu mendatang.
- g. Penentuan *Index Of Fit* data TTF hasil simulasi
Penentuan *index of fit* data TTF hasil simulasi dilakukan sama dengan tahap c. Selanjutnya pengujian *goodness of fit* dostribusi data TTF hasil simulasi sama dengan tahap d. Dilanjutkan perhitungan nilai MTTF dari data hasil simulasi sama dengan tahap e. Perhitungan ini dilakukan sebagai pembanding dan sebagai dugaan MMTF untuk data distribusi kerusakan di waktu mendatang.
- h. Perhitungan dengan pendekatan metode *Preventive Age Replacement*
Perhiutungan dengan metode ini adalah untuk menentukan nilai penggantian optimal berdasarkan peluang minimasi *downtime* terkecil.

$$D(\text{tp}) = \frac{\text{Tp} \cdot R(\text{tp}) + \text{Tf} \cdot (1 - R(\text{tp}))}{(\text{tp} + \text{Tp}) \cdot R(\text{t}) + (\text{M}(\text{tp}) + \text{Tf}) \cdot (1 - R(\text{tp}))} \quad (7)$$

- i. Perhitungan nilai *Availabilty* komponen kritis

Perhitungan nilai *availability* digunakan untuk mengetahui berapa peluang keberhasilan atau ketersediaan komponen kritis apabila dilakukan pencegahan penggantian komponen.

$$A(tp) = 1 - D(tp) \text{ min} \quad (8)$$

- j. Penentuan interval waktu perawatan atau penggantian komponen

Berdasarkan dua pendekatan dengan metode simulasi Monte Carlo dan *Preventive Age Replacement* akan dipilih usulan waktu yang optimal untuk dilakukan tindakan perawatan atau penggantian komponen kritis.

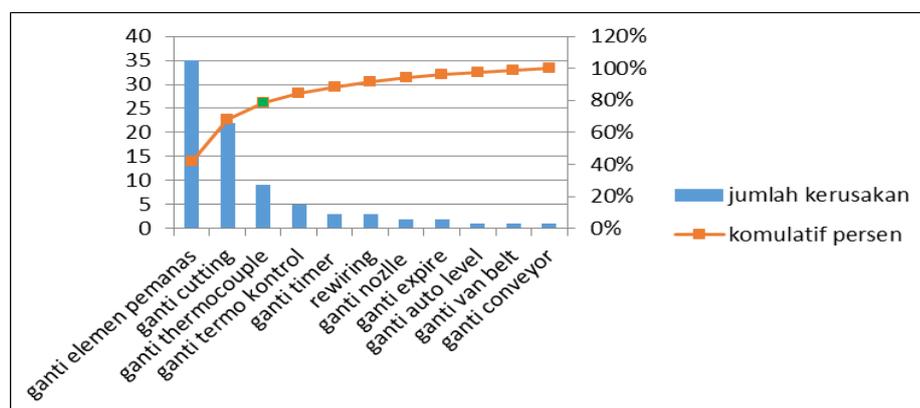
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Mesin dan Komponen Kritis

Mesin *filling* merupakan salah satu jenis mesin *packing* yang dikategorikan mesin kritis karena mesin ini beroperasi dengan kapasitas yang besar pada tiap siklusnya. Berdasarkan aturan pareto dalam penentuan komponen kritis, nilai sekitar 80% dari total kerusakan akan ditentukan sebagai komponen kritis. Klasifikasi ABC mengikuti prinsip 80-20 atau hukum pareto, yaitu sekitar 80% dari total kerusakan komponen mewakili 20% kerusakan lainnya (Silalahi, 2009). Tabel 1 menunjukkan pengelompokan penggantian komponen berdasarkan metode ABC, sedangkan diagram pareto dari data tersebut disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Pengelompokan dengan kriteria ABC dari jumlah kerusakan komponen

No	Jenis Perbaikan	Jml Kerusakan	Persentase	Persen Kom.	Keterangan
1	Ganti elemen pemanas	35	42%	42%	A
2	Ganti cutting	22	26%	68%	
3	Ganti thermocouple	9	11%	79%	
4	Ganti termo kontrol	5	6%	85%	
5	Ganti timer	3	4%	88%	B
6	Rewiring	3	4%	92%	
7	Ganti nozzle	2	2%	94%	
8	Ganti expire	2	2%	96%	
9	Ganti auto level	1	1%	98%	C
10	Ganti van belt	1	1%	99%	
11	Ganti conveyor	1	1%	100%	
Jumlah		84	100%		



Gambar 1. Pareto diagram penggantian komponen mesin *filling*

Pareto diagram di atas menunjukkan bahwa golongan A mempunyai persen kumulatif 0-80%, golongan B dari 80-95%, dan golongan C dari 95-100% (Taufik, 2015). Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui kelas A memiliki jumlah kerusakan sebesar 85% dari seluruh total kerusakan, kelas

B sebesar 11%, dan kelas C sebesar 4% dari total kerusakan. Berdasarkan pengelompokan komponen kritis dengan metode ABC dan diagram pareto, diperoleh empat komponen kritis yaitu elemen pemanas, *cutting*, *thermocouple* dan termo kontrol.

3.2 Perhitungan nilai *Time To Failure* (TTF)

Data distribusi laju kerusakan diperoleh dari nilai *Time To Failure* (TTF), sedangkan nilai *Time To Repair* (TTR) diperoleh dari lamanya waktu perbaikan. Perhitungan nilai TTF dapat dihitung berdasarkan persamaan (1) dan (2) berikut ini (Taufik, 2015):

Jumlah hari antar kerusakan = 23 hari

$TTF = 23 \times 8 \text{ jam} - 0,5 \text{ jam} = 183,5 \text{ jam}$

Hasil perhitungan TTF untuk empat komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Data laju kerusakan komponen

Repair ke-	Elemen Pemanas		<i>Cutting</i>		<i>Thermocouple</i>		Termo kontrol	
	TTR (jam)	TTF (jam)	TTR (jam)	TTF (jam)	TTR (jam)	TTF (jam)	TTR (jam)	TTF (jam)
1	0,5	0,0	0,3	0,0	0,5	0	0,5	0
2	0,5	183,5	1,0	215,0	0,5	7,5	0,5	399,5
3	0,5	23,5	0,3	343,7	0,5	23,5	0,5	55,5
4	0,5	39,5	0,3	79,7	1,0	527	0,5	447,5
5	0,5	311,5	0,3	39,7	0,5	255,5	0,5	23,5
6	0,5	23,5	0,3	127,7	0,5	199,5	-	-
7	0,5	7,5	0,3	63,7	0,5	71,5	-	-
8	0,5	87,5	0,3	7,7	0,5	487,5	-	-
9	1,3	46,7	0,3	23,7	-	-	-	-
10	0,5	39,5	0,3	55,7	-	-	-	-
11	0,7	15,3	0,3	143,7	-	-	-	-
12	1,0	63,0	0,3	55,7	-	-	-	-
13	0,5	15,5	0,3	95,7	-	-	-	-
14	0,5	23,5	0,3	39,7	-	-	-	-
15	1,0	47,0	0,3	31,7	-	-	-	-
16	0,7	95,3	0,3	87,7	-	-	-	-
17	0,7	95,3	0,3	239,7	-	-	-	-
18	0,7	103,3	0,3	351,7	-	-	-	-
19	0,5	39,5	0,3	79,7	-	-	-	-
20	0,5	87,5	0,3	31,7	-	-	-	-
21	0,5	87,5	-	-	-	-	-	-
22	0,5	79,5	-	-	-	-	-	-
23	0,5	599,5	-	-	-	-	-	-
24	0,5	735,5	-	-	-	-	-	-

3.3 Penentuan Nilai *Index Of Fit* Distribusi Data TTF dan Penentuan Parameter

Penentuan nilai *index of fit* (r) dari distribusi penggantian komponen dipilih dari nilai *index of fit* (r) terbesar pada distribusi *weibull*, lognormal, normal, atau eksponensial. Distribusi terpilih akan digunakan untuk pengolahan data selanjutnya. Distribusi terpilih pada masing-masing komponen akan diuji kesesuaian pendugaan distribusi berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar. Hasil perhitungan nilai *index of fit* (r) dari empat komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Distribusi terpilih berdasar nilai *index of fit* terbesar pada komponen kritis

Komponen	Distribusi	Parameter
Elemen pemanas	<i>lognormal</i>	$\mu = 123,687$
		$\sigma = 208,684$
<i>Cutting</i>	<i>lognormal</i>	$\mu = 123,829$
		$\sigma = 165,503$
<i>Thermocouple</i>	<i>weibull</i>	$\beta = 0,681$
		$\theta = 226,515$
		$\theta = 239,051$
Termo kontrol	<i>weibull</i>	$\beta = 0,724$
		$\theta = 239,051$

3.4 Pengujian Goodness Of Fit Distribusi Data TTF (Data Historis)

Uji kesesuaian dilakukan pada masing-masing distribusi terpilih berdasarkan penentuan nilai *index of fit* terbesar. Pengujian *goodness of fit* dilakukan dengan menguji Hipotesa terhadap distribusi terpilih. Jika H_0 ditolak, maka dilakukan pengujian nilai *index of fit* (r) terbesar kedua dan seterusnya.

H_0 : Data waktu TTF penggantian elemen pemanas berdistribusi *lognormal*

H_1 : Data waktu TTF penggantian elemen pemanas bukan berdistribusi *lognormal*

Taraf nyata, α : 0,05, $D_{Tabel} = 0,275$

Tabel 4. Uji kolmogorov smirnov TTF distribusi penggantian elemen pemanas

i	X_i	$(X_i - \bar{x})/s$	$F(X_i)$	i/n	$D_1 = (i/n) - F(X_i)$	$D_2 = F(X_i) - (i-1)/n$
1	183,5	0,2866	0,6141	0,0435	-0,5706	0,6141
2	23,5	-0,4801	0,3816	0,0870	-0,2946	0,3381
3	39,5	-0,4034	0,3446	0,1304	-0,2142	0,2576
4	311,5	0,9000	0,8159	0,1739	-0,6420	0,6855
5	23,5	-0,4801	0,3816	0,2174	-0,1642	0,2077
...
22	599,5	2,2801	0,9887	0,9565	-0,0322	0,0757
23	735,5	2,9318	0,9983	1,0000	0,0017	0,0418
				MAX	0,4962	0,6855

$$D_{hitung} = \max(D_1, D_2) = 0,6855$$

Kesimpulan: Berdasarkan hasil uji dengan *kolmogorov smirnov* di atas diperoleh keputusan H_0 ditolak $D_{hitung} > D_{Tabel}$, artinya data TTF distribusi penggantian elemen pemanas bukan berdistribusi *Lognormal*. Jika H_0 ditolak, maka menggunakan nilai *index of fit* terbesar kedua dan seterusnya (Anindita, 2013). Sehingga dilakukan pengujian kembali distribusi TTF untuk komponen elemen pemanas dengan nilai r (*Index of fit*) terbesar kedua yaitu distribusi *weibull*.

H_0 : Data waktu TTF penggantian elemen pemanas berdistribusi *weibull*

H_1 : Data waktu TTF penggantian elemen pemanas tidak berdistribusi *weibull*

Taraf nyata, α : 0,05

Perhitungan pada $I = 1$

$$Z_1 = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1-0,5}{23+0,25} \right) \right] = -3,8286$$

$$M_1 = -2,7077 - (-3,8286) = 1,1209$$

$$K_1 = \frac{23}{2} = 11,5 \text{ dibulatkan } 12$$

$$K_2 = \frac{22}{2} = 11$$

$$M_{tabel} \text{ } 0,05, 12, 11 = 2,79 \text{ (Tabel distribusi F)}$$

$$M_{hitung} = \frac{12 \times (13,7965)}{11 \times (9,8948)} = 1,52$$

Tabel 5. Uji mann test TTF distribusi penggantian elemen pemanas

i	t_i	$\ln(t_i)$	Z_i	M_i	$\frac{\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i)}{\ln(t_i)}$	$\frac{(\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i))}{M_i}$
1	7,5	2,0149	-3,8286	1,1209	0,7129	0,6360
2	15,3	2,7279	-2,7077	0,5340	0,0130	0,0243
3	15,5	2,7408	-2,1737	0,3606	0,4162	1,1541
...
20	183,5	5,2122	0,6013	0,1570	0,5292	3,3707
21	311,5	5,7414	0,7583	0,1921	0,6547	3,4090
22	599,5	6,3961	0,9504	0,2833	0,2045	0,7216
23	735,5	6,6006	1,2337			

$$M_{hitung} < M_{tabel} = 1,52 < 2,79$$

Kesimpulan: Berdasarkan pengujian *mann test* untuk distribusi *weibull* komponen elemen pemanas, maka H_0 diterima artinya data penggantian elemen pemanas berdistribusi *weibull*. Hasil rekapitulasi hasil uji *goodness of fit* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil uji *goodness of fit* dari distribusi komponen kritis

Komponen	Distribusi	Parameter
Elemen pemanas	<i>weibull</i>	$\beta = 1,1086$ $\theta = 103,361$
<i>Cutting</i>	<i>weibull</i>	$\beta = 1,22720$ $\theta = 115,486$
<i>Thermocouple</i>	<i>weibull</i>	$\beta = 0,681$ $\theta = 226,515$
Termo kontrol	<i>weibull</i>	$\beta = 0,724$ $\theta = 239,051$

3.5 Perhitungan Nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) Distribusi Data Historis

Setelah diketahui jenis distribusi dipakai dan parameternya, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai MTTF pada masing-masing komponen. Perhitungan nilai MTTF untuk data historis dilakukan untuk dijadikan pembandingan hasil simulasi. Berikut perhitungan nilai MTTF data berdistribusi *weibull* dengan menggunakan persamaan (6).

$$MTTF = 103,361\Gamma\left(1 + \frac{1}{1,1086}\right) = 103,361 \Gamma(1,90) = 103,361 (0,962) = 99,4 \text{ Jam} = 13 \text{ hari}$$

Nilai MTTF digunakan sebagai penentuan interval waktu untuk dilakukan perawatan berdasarkan rata-rata waktu antar kerusakan (Sodikin, 2013). Komponen elemen pemanas mempunyai nilai MTTF sebesar 13 hari, artinya setiap 13 hari komponen ini harus dilakukan tindakan penggantian komponen untuk mencegah kerusakan tiba-tiba. Hasil rekapitulasi nilai MTTF dari masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Rekapitulasi nilai MTTF dari komponen kritis

Nama komponen	Nilai MTTF (hari)
Elemen pemanas	13
<i>Cutting</i>	13
<i>Thermocouple</i>	36
Termo kontrol	36

3.6 Melakukan Simulasi Monte Carlo dari Distribusi Data TTF

Simulasi dilakukan untuk memperkirakan waktu kerusakan di masa mendatang sebagai bahan acuan penentuan waktu perawatan pencegahan atau penggantian komponen. Monte Carlo adalah simulasi tipe probabilitas yang mendekati solusi sebuah masalah dengan melakukan sampling dari proses acak (Arifin, 2009). Masing-masing data TTF komponen kritis disimulasikan dengan pembangkitan bilangan acak menggunakan *microsoft excel*. Hasil simulasi data TTF komponen elemen pemanas sebanyak 40 kali replikasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil simulasi komponen elemen pemanas

No	Bil. Random	Hasil Simulasi	Keterangan
1	65	87,5	7,5 (1 kali)
2	42	46,7	10,3 (1 kali)
3	23	23,5	15,3 (1 kali)
4	56	79,5	23,5 (3 kali)
5	55	79,5	39,5 (4 kali)
6	78	95,3	46,7 (1 kali)
7	79	103,3	47 (3 kali)
...	559,5 (2 kali)
39	32	39,5	735,5 (1 kali)

3.7 Penentuan Nilai *Index Of Fit* dan Penentuan Parameter, Pengujian *Goodness Of Fit* dan Perhitungan Nilai MTTF Distribusi Data TTF Dari Data Hasil Simulasi

Setelah pola distribusi data TTF hasil simulasi diperoleh dari masing-masing komponen kritis, selanjutnya dilakukan penentuan *index of fit* dan parameter, pengujian *goodness of fit* dan perhitungan nilai MTTF dengan langkah yang sama seperti sebelumnya. Rekapitulasi dari hasil

pengolahan dan perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 9. Nilai MTTF hasil simulasi tidak sama dengan MTTF data historis, sehingga dilakukan pula perhitungan dengan pendekatan metode *Preventive Age Replacement* untuk mencari interval waktu penggantian yang optimal dengan melihat nilai probabilitas *downtime* terkecil.

Tabel 9. Hasil pengujian data TFF hasil simulasi pada komponen kritis

Komponen kritis	Jenis Distribusi	Parameter	MTTF hasil simulasi (hari)	Replikasi percobaan dipilih (kali)
Elemen pemanas	<i>weibull</i>	$\beta = 1,2842$ $\theta = 116,416$	14	40
Cutting	<i>weibull</i>	$\beta = 1,253$ $\theta = 121,524$	14	100
Thermocouple	<i>weibull</i>	$\beta = 0,8928$ $\theta = 197,32$	26	75
Termo kontrol	<i>weibull</i>	$\beta = 1,0976$ $\theta = 238,131$	29	60

3.8 Perhitungan Dengan Pendekatan Metode *Preventive Age Replacement*

Metode *Age Replacement* disertakan sebagai pembandingan untuk pengambilan keputusan dalam penentuan interval waktu penggantian komponen selain dari nilai MTTF sistem nyata. Formula untuk mencari *downtime minimum* ($D(tp)$) dirumuskan oleh Jardine (1973). Perhitungan untuk mencari nilai *downtime minimum* dapat dilihat sebagai berikut.

$$F(tp) = 1 - 2,7182 \left(\frac{8}{103,361} \right)^{1,1086} = 1 - 0,943066 = 0,05934$$

$$R(tp) = 2,7182 \left(\frac{8}{103,361} \right)^{1,1086} = 0,943066$$

$$M(tp) = \underline{MTTF} = 443,1177$$

$$D(tp) = \frac{0,33 * 0,943066 + 0,5 * (1 - 0,943066)}{(8 + 0,33) * 0,943066 + (443,1177 + 0,5) * (1 - 0,943066)} = 0,01519$$

$$T = \text{Age Replacement} = D(tp) \text{ min} = 0,00709$$

3.9 Perhitungan Nilai *Availability* Komponen Kritis

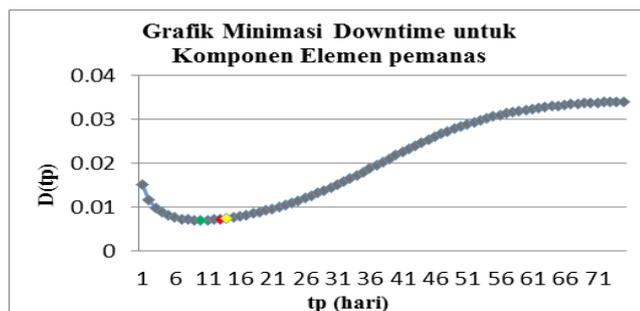
Perhitungan nilai *Availability* adalah untuk mengetahui berapa fungsi ketersediaan suatu komponen mesin jika dilakukan penggantian pencegahan. Nilai *Availability* dapat dihitung berdasarkan persamaan (8) (Sefurokhim, 2013). Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 10.

$$A(tp) = 1 - 0,0071 = 0,9929$$

Tabel 10. Interval penggantian komponen elemen pemanas

tp (jam)	F (tp)	R (tp)	M (tp)	D (tp)
8	0,0315943	0,9684057	443,1177	0,015187
16	0,0752102	0,9247898	186,1451	0,011764
24	0,123315	0,876685	113,5304	0,009917
...
72	0,4169664	0,5830336	33,57585	0,00711
80	0,4608046	0,5391954	30,38164	0,007096
88	0,5024707	0,4975293	27,86232	0,007138
...
152	0,7554745	0,2445255	18,5314	0,00888

Gambar perhitungan minimasi *downtime* dengan metode *Preventive Age Replacement* berikut ini menunjukkan penurunan peluang *downtime* pada waktu tertentu jika dilakukan tindakan penggantian komponen untuk mencegah kerusakan secara tiba-tiba.



Gambar 2. Nilai minimasi *downtime* pada komponen elemen pemanas

3.10 Penentuan Usulan Interval Waktu Penggantian Komponen

Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan dengan pendekatan metode simulasi Monte Carlo dan *Preventive Age Replacement* ditentukan interval waktu penggantian paling optimal adalah hasil dari pendekatan *Preventive Age Replacement*. Adapun rekapitulasi hasil disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Usulan interval penggantian komponen kritis pada mesin *filling*

Komponen kritis	Usulan interval waktu penggantian komponen (hari)	Availability (%)
Elemen pemanas	10	99,29
<i>Cutting</i>	13	99,45
<i>Thermocouple</i>	28	99,50
Termo kontrol	27	99,58

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan yaitu:

- Komponen kritis dari mesin *filling* adalah komponen elemen pemanas, komponen *cutting*, komponen *thermocouple* dan komponen termo kontrol.
- Berdasarkan pendekatan metode *Age Replacement* sebagai metode yang direkomendasikan, maka interval waktu penggantian untuk komponen elemen pemanas dilakukan setiap 10 hari, komponen *cutting* setiap 13 hari, komponen *thermocouple* setiap 28 hari, dan komponen termo kontrol setiap 27 hari. Nilai *Availability* komponen elemen pemanas 99,29%, *cutting* 99,45%, *thermocouple* 99,50%, dan termo kontrol 99,58%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindita, R. W., dkk, 2013, *Identifikasi Pola Kerusakan Komponen Kritis Pada Mesin EAF Dengan Simulasi Monte Carlo*, Jurnal Teknik Industri, Vol. 1, No. 4, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Arifin, M., 2009, *Simulasi Sistem Industri Edisi Pertama*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Jardine, A. K. S. & Tsang, A. H. C., 1973, *Maintenance, Replacement And Reliability*, Pitman Publishing Corporation, Canada.
- Sefurrokhim, D, 2013, *Penjadwalan Perawatan Preventive Komponen Kritis Pada Mesin Excavator*, Skripsi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Silalahi, H., 2009, *Pengendalian Persediaan Suku Cadang Mesin-Mesin Pabrik Di PT Perkebunan Nusantara III PKS Rambut Tebing Tinggi*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sodikin, I., Pawesti, G. H., 2013, *Penentuan Jadwal Perawatan Komponen Kritis Melalui Analisis Kerusakan Mesin dengan Pendekatan Mean Time To Failure*, Prosiding Industrial Engineering National Conference (IENACO 2013), Universitas Muhammadiyah Surakarta, 28 Maret 2013, ISSN: 2337-4349, halaman 170 -177
- Taufik dan Septiani, S., 2015, *Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di PT PLN (PERSERO) Sektor Pembangkit Ombilin*, Jurnal Optimasi Sistem Industri, Unuversitas Andalas. Padang.