

USULAN PENJADWALAN PERGANTIAN KOMPONEN PADA MESIN *FILLING MULTILINE* MENGGUNAKAN MODEL *AGE REPLACEMENT* DAN *BLOCK REPLACEMENT* DI PT IKAFOOD PUTRAMAS

AzkaFauzanHafizhImaduddin¹, Gabriel Sianturi²

Program Studi Teknik Industri, Universitas Komputer Indonesia

Jl. Dipati Ukur No. 112-116, 40132, Bandung, Telp. (022) 2504119, Fax. (022) 2533754

Email : azka@email.unikom.ac.id¹ , gabriel.sianturi@email.unikom.ac.id²

ABSTRAK

Pada zaman sekarang, penggunaan mesin pada perusahaan sudah banyak diterapkan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Hal tersebut dilakukan perusahaan agar produksinya dapat bersaing serta dapat memenuhi kebutuhan pasar. Kelancaran suatu proses produksi sangatlah bergantung pada baik atau tidaknya kondisi mesin yang akan digunakan. Salah satu hambatan pada mesin salah satunya ada di bagian komponen yang mengalami kerusakan sehingga mesin tidak dapat bekerja dengan baik. PT. IKAFOOD PUTRAMAS merupakan suatu perusahaan yang memproduksi bumbu-bumbu masakan dan macam-macam saus. Pada bagian proses *filling*, PT. IKAFOOD PUTRAMAS sudah menggunakan mesin otomatis yaitu mesin *filling multiline*. PT. IKAFOOD PUTRAMAS saat ini tidak mempunyai jadwal pergantian khusus untuk suatu komponen, maka dari itu penggantian komponen hanya dilakukan saat terjadinya kerusakan pada komponen tersebut. Kondisi tersebut berdampak pada terjadinya kerusakan komponen saat sedang digunakan yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas dari produk yang dihasilkan. Penjadwalan pergantian komponen merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Jadwal pergantian komponen dapat dicari menggunakan model *age replacement* dan *block replacement*. Model pergantian ini berguna untuk menentukan interval waktu penggantian komponen berdasarkan data histori kerusakan yang telah terjadi. Hasil dari penelitian adalah komponen *seal piston* mempunyai interval waktu pergantian selama lima hari sekali dengan biaya pergantian Rp. 20.740 untuk *age replacement* dan lima hari sekali dengan biaya pergantian Rp. 20.015 untuk *block replacement*. Komponen lainnya adalah *heater horizontal* mempunyai interval waktu pergantian selama 47 hari sekali dengan biaya pergantian Rp. 401.239 untuk *age replacement* dan 48 hari sekali dengan biaya pergantian Rp. 405.696 untuk *block replacement*.

Kata kunci: Jadwal pergantian, *filling*, *age replacement*, *block replacement*

1 Pendahuluan

Mesin merupakan alat atau barang modal yang diinvestasikan untuk membantu kegiatan produksi di sebuah perusahaan. Kelancaran suatu proses produksi sangatlah bergantung pada baik atau tidaknya kondisi mesin yang akan digunakan. Jumlah produksi yang telah direncanakan tidak akan terpenuhi jika terjadi hambatan pada mesin yang menyebabkan proses produksi terhenti. Salah satu hambatan pada mesin yang ditemukan ada di bagian komponen yang mengalami kerusakan sehingga mesin tidak dapat bekerja dengan baik. Untuk mengoptimalkan kembali kinerja mesin, maka dibutuhkan pergantian komponen yang mengalami kerusakan agar fungsi mesin dapat kembali normal.

PT. IKAFOOD PUTRAMAS merupakan suatu perusahaan yang memproduksi bumbu-bumbu masakan dan macam-macam saus. Proses *filling* di PT. IKAFOOD PUTRAMAS sudah menggunakan mesin otomatis yaitu mesin *filling* berjenis *singleline* dan satu mesin *filling* berjenis *multiline*. Kendala pada mesin *filling multiline* adalah terjadinya kerusakan komponen saat sedang digunakan yang mempengaruhi kualitas dari produk. Tingkat kualitas dari suatu produk sangat penting untuk dijaga karena semakin bertambahnya kesadaran konsumen terhadap mutu dan makin tingginya tuntutan konsumen terhadap mutu produk [1].

Kondisi di PT. IKAFOOD PUTRAMAS saat ini masih tidak mempunyai penjadwalan penggantian khusus untuk suatu komponen. Hal ini mengakibatkan penggantian komponen hanya dilakukan saat terjadinya kerusakan pada komponen tersebut. Kondisi ini tentu saja sangat mengganggu proses produksi karena kerusakan komponen bisa terjadi kapan saja bahkan pada saat produksi sedang berlangsung. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan jadwal penggantian komponen sebelum terjadinya kerusakan agar mesin tetap berjalan dengan optimal dan meminimalisir produk yang tidak sesuai dengan standar perusahaan sehingga kualitas dan kuantitas produksi dapat tercapai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjadwalkan waktu pergantian komponen dari mesin *filling multiline* dengan biaya yang seminimal mungkin.

2 Tinjauan Pustaka

2.1. Definisi *Maintenance*

Maintenance merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menjaga agar peralatan atau fasilitas dalam kondisi siap pakai [2]. *Maintenance* juga bertujuan untuk menjaga fasilitas produksi berada pada kondisi yang optimal serta menjaga agar fasilitas tersebut tidak mudah mengalami kerusakan. Tindakan yang dilakukan pada saat *maintenance* ditujukan untuk mempertahankan, memperbaiki dan mengembalikan sistem pada suatu kondisi yang optimal. Kegiatan *maintenance* ini sangat berpengaruh pada kualitas produk, keselamatan, biaya produksi dan kapasitas produksi, maka dari itu kegiatan ini sangat penting untuk dilakukan. Ada dua jenis pemeliharaan yang terdiri dari [3]:

a. *Preventive maintenance*

Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan secara rutin yang dilakukan sebelum suatu sistem mengalami gagal fungsi. Kegiatannya meliputi inspeksi, perbaikan, pergantian, cleaning, lubrikasi, penyesuaian *setting* dan kalibrasi pada sistem yang akan dipelihara. Tujuan dari *preventive maintenance* adalah untuk mengoptimalkan umur dari sebuah sistem agar proses produksi sesuai rencana dari segi waktu, biaya dan kuantitasnya.

b. *Corrective maintenance*

Corrective maintenance dilakukan pada saat suatu sistem mengalami kegagalan fungsi seperti produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar baik dari segi kualitas, kuantitas serta waktu proses operasinya. Kegiatan dari *corrective maintenance* ini meliputi pergantian atau perbaikan dari sistem yang mengalami kerusakan.

2.3. Keandalan

Keandalan atau *Reliability* adalah peluang sebuah sistem atau mesin untuk dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya selama waktu atau keadaan yang telah ditetapkan. Keandalan merupakan fungsi yang melengkapi distribusi kumulatif dari manajemen pemeliharaan [4]. Pada distribusi *Weibull*, keandalan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_{tp} = \exp \left[-\left(\frac{tp}{\alpha}\right)^\beta \right] \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- R_{tp} = keandalan
- Exp = fungsi eksponensial
- tp = periode waktu ke-i
- α = parameter skala (alfa)
- β = parameter bentuk (beta)

2.4. Laju Kerusakan

Laju kerusakan adalah jumlah kerusakan yang terjadi selama waktu yang telah ditentukan. Laju kerusakan dari peralatan pada waktu tertentu adalah probabilitas dimana peralatan tersebut akan mengalami kegagalan fungsi dalam interval waktu tertentu [4]. Umur pakai suatu produk dapat di representasikan melalui grafik yang disebut dengan kurva *bath tube* [5]. Kurva *bath tube* ini dapat di representasikan dengan distribusi *Weibull*. Hal ini disebabkan karena bentuk distribusi *Weibull* dapat menyerupai berbagai macam pola dari laju kerusakan tergantung dari nilai parameter β (beta) nya [5]. Nilai laju kerusakan untuk distribusi *Weibull* dapat dilihat pada persamaan 2.2 berikut:

$$r_{(ti)} = \frac{(n+0.4)}{(i-1+0.7)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- r_{ti} = laju kerusakan
- i = data ke-i
- n = jumlah data

2.5. Mean Time to Failure

Mean time to failure (MTTF) merupakan rata-rata waktu kerusakan dari sebuah sistem. Penentuan MTTF didasarkan pada data waktu kerusakan yang membentuk suatu distribusi. Untuk menentukan MTTF pada distribusi *Weibull* dapat menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$MTTF = \alpha \Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana

- α = parameter skala (alfa)
- β = parameter bentuk (beta)
- Γ = fungsi gamma

2.6. Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* digunakan untuk data yang laju kerusakannya bergantung pada umur sistem [6]. Distribusi *Weibull* juga dapat digunakan untuk untuk memperlihatkan karakteristik dari kerusakan dan keandalan komponen. Parameter dari distribusi ini adalah α (alfa) yang dapat mempengaruhi median dari pola data dan β (beta) yang berguna untuk mengetahui tingkat kerusakan dari pola data. Bentuk dari distribusi *Weibull* ini dapat menyerupai bentuk dari distribusi lainnya, tergantung pada nilai β sebagai berikut:

- a. $\beta < 1$: Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dengan laju kerusakan cenderung menurun.
- b. $\beta = 1$: Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.
- c. $\beta > 1$: Distribusi *Weibull* akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

Beberapa fungsi yang digunakan untuk mencari parameter pada distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut [4]:

$$X_i = \ln[\ln(r_{(t_i)})] \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Y_i = \ln(t_i) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$b = \frac{n \sum X_i \cdot Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$a = \frac{\sum Y_i}{n} - \left[b \left(\frac{\sum X_i}{n} \right) \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\alpha = \exp(a) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\beta = \frac{1}{b} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$F_{(t_p)} = 1 - \exp \left[- \left(\frac{1}{\alpha} \right)^\beta \right] \dots\dots\dots (2.10)$$

$$M_{(tp)} = \frac{MTTF}{F_{(tp)}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

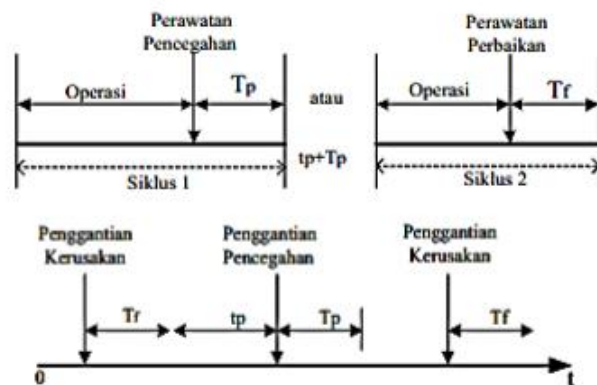
- | | | | |
|-----------------|----------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| n | = jumlah data | t _i | = periode waktu ke-i |
| α | = parameter skala (alfa) | β | = parameter bentuk (beta) |
| MTTF | = <i>mean time to failure</i> | Γ | = fungsi gamma |
| R _{tp} | = keandalan | F _{tp} | = fungsi distribusi kumulatif |
| M _{tp} | = waktu rata-rata terjadinya kerusakan | | |

2.7. Age Replacement

Pada model *age replacement*, pergantian dilakukan dengan memperhatikan umur penggantian dan umur pakai dari komponen. Hal ini memungkinkan interval waktu penggantian sama dengan umur komponen peralatan dan jika terjadi kerusakan, maka jadwal penggantian akan menyesuaikan kembali setelah penggantian komponen. Model ini baik digunakan untuk komponen yang jika mengalami kerusakan maka tidak mempengaruhi komponen lain. Model ini mempunyai dua siklus penggantian, yaitu:

- Siklus pencegahan, yaitu penggantian komponen sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Siklus ini diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan.
- Siklus kerusakan, yaitu penggantian komponen sebelum jadwal penggantian yang telah ditetapkan. Hal ini disebabkan karena komponen tersebut mengalami kerusakan sebelum jadwal pergantian yang telah direncanakan. Siklus ini diakhiri dengan penggantian kerusakan.

Siklus tersebut diilustrasikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Siklus *age replacement* [4]

Jadwal untuk pergantian model *age replacement* dapat dilihat dari nilai C(tp) terkecil dari periode waktu yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan nilai C(tp) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [4]:

$$C_{(tp)} = \frac{(C_p \times R_{(tp)}) + (C_f \times [1 - R_{(tp)}])}{((tp + T_p) \times R_{(tp)}) + (M_{(tp)} + T_f) \times [1 - R_{(tp)}]} \dots\dots\dots (2.12)$$

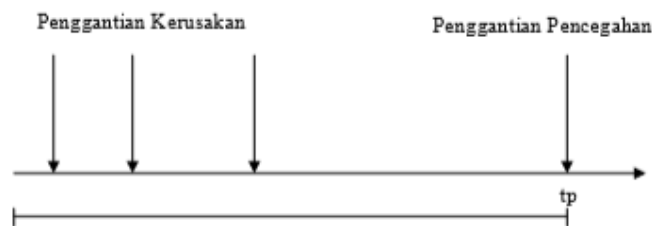
Dimana

- | | | | |
|----------------|----------------------|----------------|--------------------|
| C _f | = ongkos penggantian | C _p | = ongkos perawatan |
|----------------|----------------------|----------------|--------------------|

Tf = waktu penggantian kerusakan Tp = waktu penggantian pencegahan
 tp = interval waktu penggantian

2.8. Block Replacement

Berbeda dengan model *age replacement*, jadwal penggantian untuk model *block replacement* dilakukan pada interval waktu yang konstan tanpa memperhatikan umur pemakaian dari komponen. Model ini memungkinkan penggantian pada komponen yang baru saja diganti dalam kurun waktu yang berdekatan dan tentu saja model ini mempunyai ongkos yang lebih tinggi. Model ini juga cocok untuk pengguna yang menginginkan jadwal penggantian yang lebih sederhana karena waktu penggantian komponennya yang konstan dan ingin menjamin semua komponen diganti sebelum masa krisis rusaknya. Model *block replacement* diilustrasikan pada gambar 2.4 berikut ini



Gambar 2.3. Model *block replacement* [4]

Sama seperti model *age replacement*, untuk menentukan interval penggantian komponen dapat dilihat dari nilai $C(tp)$ yang terendah dalam periode tertentu. Rumus dari model *block replacement* dapat diuraikan sebagai berikut [4]:

$$H_{tp} = \int_{t-1}^t \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right) dt \dots\dots\dots (2.13)$$

$$C(tp) = \frac{C_p + [C_f \cdot H_{tp}]}{tp + T_p} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

- Cf = ongkos penggantian
- Cp = ongkos perawatan
- Tf = waktu penggantian kerusakan
- Tp = waktu penggantian pencegahan
- tp = interval waktu penggantian
- H(tp) = ekspektasi jumlah kerusakan dalam interval waktu.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan Komponen

Tabel 3.1 merupakan data jumlah pergantian tiap komponen mesin *filling multiline* pada tahun 2017. Data tersebut merupakan data dari komponen yang mengalami pergantian di tahun 2017 dan akan dipilih berdasarkan banyaknya frekuensi pergantian yaitu lebih dari lima kali pergantian pada tahun 2017.

Tabel 3.1. Data pergatian komponen

No.	Nama Komponen	Frekuensi Pergantian
1	<i>Seal Piston</i>	52
2	<i>Heater Horizontal</i>	7
3	<i>Bearing Laster</i>	2
4	<i>Pisau Laster</i>	2
5	<i>Roll Alufo</i>	2
6	<i>As Conveyor</i>	1
7	<i>Piston</i>	1
8	<i>As pneumatic</i>	1
9	<i>Rumah piston</i>	1

Berdasarkan data tersebut maka peneliti memutuskan untuk membuat jadwal pergantian komponen *seal piston* dan *heater horizontal* dikarenakan berdasarkan pembatasan masalah kedua komponen tersebut memiliki frekuensi pergantian lebih dari lima kali di tahun 2017. Interval waktu pergantian kedua komponen tersebut kemudian akan dilakukan uji distribusi data menggunakan *software SPSS*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah frekuensi pergantian komponen tersebut mengikuti distribusi kerusakan *Weibull* atau tidak.

3.2. Pengujian Distribusi Data

Dalam menentukan distribusi dari interval waktu pergantian komponen, peneliti menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk membuktikan bahwa data tersebut mengikuti distribusi *Weibull* atau tidak. Pengujian distribusi ini dilakukan menggunakan *software SPSS*.

Tabel 3.2. Kolmogorov-smirnov test

Variabel	<i>Sealpiston</i>	<i>Heater Horizontal</i>
N	51	6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	7,0196
	Std. Deviation	1,77189
Most Extreme Differences	Absolute	,208
	Positive	,208
	Negative	-,165
Test Statistic	,208	,282
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000 ^c	,147 ^c

Nilai uji statistik dari kedua komponen yang diteliti dihitung menggunakan *software SPSS* dan didapatkan nilai untuk komponen *seal piston* uji statistiknya sebesar 0.208 dan untuk komponen *heater horizontal* sebesar 0.282. Nilai uji statistik tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai $D_n(0.02)$ sebesar 0.577. Dilihat dari nilai tersebut maka interval waktu pergantian dari

komponen *seal* piston dan *heater horizontal* mengikuti distribusi *Weibull*. Hal ini didukung juga karena pada kenyataannya, kerusakan yang terjadi pada *seal* piston dan *heater horizontal* ini meningkat seiring dengan bertambahnya umur dari sistem.

3.3. Penjadwalan Model *Age Replacement*

Berikut merupakan pengolahan menggunakan model *age replacement*:

a. *Seal Piston*

Tabel 3.3 memperlihatkan data yang dibutuhkan untuk menentukan waktu pergantian pencegahan dari komponen *seal* piston seperti berikut:

Tabel 3.3. Perhitungan $C(tp)$ *seal* piston menggunakan model *age replacement*

tp	$R_{(tp)}$	$F_{(tp)}$	$M_{(tp)}$	$C_{(tp)}$
1	0,9999766	0,0000234	297661,1372	Rp15.310
2	0,9990995	0,0009005	7748,7513	Rp7.784
3	0,9924138	0,0075862	919,8346	Rp5.257
4	0,9659685	0,0340315	205,0463	Rp4.073
5	0,8939719	0,1060281	65,8131	Rp3.552
6	0,7462788	0,2537212	27,5028	Rp3.601
7	0,5174524	0,4825476	14,4608	Rp4.552
8	0,2643090	0,7356910	9,4850	Rp7.983

Dilihat dari tabel 3.3 nilai $C(tp)$ pada periode ke-5 merupakan nilai terendah, maka waktu pergantian pencegahan yang paling optimal dengan menggunakan model *age replacement* untuk komponen *seal* piston adalah selama 5 hari.

b. *Heater Horizontal*

Tabel 3.4 memperlihatkan data yang dibutuhkan untuk menentukan waktu pergantian pencegahan dari komponen *heater horizontal* seperti berikut:

Tabel 3.4. Perhitungan $C(tp)$ *heater horizontal* menggunakan model *age replacement*

tp	$R_{(tp)}$	$F_{(tp)}$	$M_{(tp)}$	$C_{(tp)}$
43	0,9492	0,0508	1121,4613	Rp8.652
44	0,9382	0,0618	922,2071	Rp8.557
45	0,9253	0,0747	762,6303	Rp8.487
46	0,9102	0,0898	634,2053	Rp8.444
47	0,8926	0,1074	530,3707	Rp8.432
48	0,8723	0,1277	446,0477	Rp8.452
49	0,8490	0,1510	377,2841	Rp8.512
50	0,8225	0,1775	320,9885	Rp8.615

Dilihat dari table 3.4 nilai $C(tp)$ pada periode ke-47 merupakan nilai terendah, maka waktu pergantian pencegahan yang paling optimal dengan menggunakan model *age replacement* untuk komponen *heater horizontal* adalah selama 47 hari.

3.4. Penjadwalan Model *Block Replacement*

Berikut merupakan pengolahan menggunakan model *block replacement*:

a. *Seal Piston*

Tabel 3.5 memperlihatkan data yang dibutuhkan untuk menentukan waktu pergantian pencegahan dari komponen *seal piston* seperti berikut:

Tabel 3.5. Perhitungan $C(tp)$ *seal piston* menggunakan model *block replacement*

t	$H(tp)$	$C(tp)$
4	0.05977	Rp4.172
5	0.165262	Rp3.706
6	0.356881	Rp3.643
7	0.61326	Rp3.757
8	0.84469	Rp3.789

Dilihat dari table 3.5 nilai $C(tp)$ pada periode ke-6 merupakan nilai terendah, maka waktu pergantian pencegahan yang paling optimal dengan menggunakan model *block replacement* untuk komponen *seal piston* adalah selama 6 hari.

b. *Heater Horizontal*

Tabel 3.6 memperlihatkan data yang dibutuhkan untuk menentukan waktu pergantian pencegahan dari komponen *heater horizontal* seperti berikut:

Tabel 3.6. Perhitungan $C(tp)$ *heater horizontal* menggunakan model *block replacement*

t	$H(tp)$	$C(tp)$
45	0,08188947	Rp8.439
46	0,09820508	Rp8.383
47	0,11711122	Rp8.350
48	0,13886604	Rp8.339
49	0,16371405	Rp8.351
50	0,19187247	Rp8.386

Dilihat dari table 3.6 nilai $C(tp)$ pada periode ke-48 merupakan nilai terendah, maka waktu pergantian pencegahan yang paling optimal dengan menggunakan model *block replacement* untuk komponen *heater horizontal* adalah selama 48 hari.

3.5. Perbandingan

Berikut merupakan tabel perbandingan biaya dan waktu pergantian komponen menggunakan model *age replacement* dan *block replacement*.

Tabel 3.7. Perbandingan biaya dan interval pergantian

No	Komponen	Tanpa Model	Age Replacement		Block Replacement	
		Ongkos Pergantian	Interval Pergantian (Hari)	Ongkos Per Pergantian	Interval Pergantian (Hari)	Ongkos Per Pergantian
1	Seal Piston	Rp. 17.343	5	Rp. 17.762	6	Rp. 21.857
2	Heater Horizontal	Rp. 359.375	47	Rp. 396.281	48	Rp. 400.252

4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapatkan setelah mengetahui hasil yang diperoleh dari pengolahan data yang telah di analisis adalah:

- a. Komponen *seal piston* dan *heater horizontal* terpilih karena mempunyai frekuensi pergantian paling banyak dibandingkan dengan komponen lain yang mengalami pergantian pada tahun 2017.
- b. Jadwal pergantian komponen *seal piston* menggunakan model *age replacement* dilakukan dengan interval waktu lima hari sekali dengan biaya pergantian sebesar Rp. 17.343 setiap pergantian, sedangkan jika menggunakan model *block replacement* interval waktu pergantian dilakukan selama enam hari sekali dengan biaya sebesar Rp. 21.857 setiap pergantian.
- c. Jadwal pergantian komponen *heater horizontal* menggunakan model *age replacement* dilakukan dengan interval waktu 47 hari sekali dengan biaya pergantian sebesar Rp. 359.375 setiap pergantian, sedangkan jika menggunakan model *block replacement* interval waktu pergantian dilakukan selama 48 hari sekali dengan biaya sebesar Rp. 400.252 setiap pergantian.

Saran untuk bagian teknisi perawatan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan kondisi di perusahaan, pergantian komponen sebaiknya menggunakan jadwal *preventive* dengan menggunakan model *age replacement* sesuai dengan yang telah diusulkan.
- b. Sebaiknya data pergantian komponen atau perbaikan lainnya dicatat sedetail mungkin agar perusahaan mempunyai histori yang lengkap sehingga dapat memudahkan jika ingin melakukan rencana perawatan dikemudian hari.

5 Daftar Pustaka

- [1] Tim Dosen Teknik Industri UNIKOM, *Pengenalan Teknik Industri (Untuk Wirausahawan Muda)*. Bandung: Penerbit Rekayasa Sains, 2014.
- [2] B. Harsanto, *Dasar Ilmu Manajemen Operasi*. Bandung: Unpad Press., 2013.
- [3] J. Heizer and R. Barry, *Manajemen Operasi, 9th Edition*. Jakarta: Salemba Empat, 2011.
- [4] A. K. S. Jardine, *Maintenance, Replacement, and Reliability*. London: Pitman Publishing., 1973.
- [5] A. K. Verma, *Fuzzy-Reliability Engineering*. Mumbai: Narosa Publishing House., 2007.
- [6] D. J. Smith, *Reliability, Maintainability and Risk*. Oxford: Elsevier Science., 2001.