

**PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN FILTER AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT SEBAGAI PENGOPTIMALAN BIAYA DOWN TIME DI CV. SEGAR MURNI MOJOKERTO**

**AGUS SULISTIAWAN**

S1 Pendidikan Teknik Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [Agus.dmc354@yahoo.com](mailto:Agus.dmc354@yahoo.com)

**ISKANDAR**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [quicktrick.bs@gmail.com](mailto:quicktrick.bs@gmail.com)

**Abstrak**

Penggunaan mesin secara kontinyu akan mengalami penurunan tingkat kesiapan mesin itu sendiri dalam usaha untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar hasil produksi tetap terjamin akibat penggunaan mesin secara terus-menerus, maka dibutuhkan kegiatan pemeliharaan mesin secara baik dan terencana. Selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem *break downmaintenaince* yaitu ketika mesin mati baru dilakukan perbaikan sehingga dapat mengganggu proses produksi yang berimbas pada meningkatnya biaya *down time* yang harus dikeluarkan oleh pabrik untuk proses perbaikan berlangsung tanpa adanya *prefentive maintenance*. tentunya hal ini sangat merugikan CV. Segar Murni Mojokerto. Seringkali kita melihat dalam suatu masalah pemeliharaan mesin baru dilakukan setelah kondisi dari mesin /alat produksimengalami kerusakan dan tidak dapat dioprasikan kembali.

Dengan adanya masalah tersebut, maka akan dilakukan optimalisasi biaya perawatan mesin filter air menggunakan metode *Age Replacement* dengan harapan dapat mengoptimalkan biaya pemeliharaan mesin filter air secara berkala dan teratur yang meliputi waktu kegiatan pemeliharaan. Penelitian ini dilakukan pada pabrik air mineral CV. Segar Murni Mojokerto, yang berlokasi di Jl. Raya Mojokerto – Mojosari No. 01. Dengan pengambilan data waktu rata-rata lama perbaikan akibat kerusakan peralatan. Waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pemeliharaan penggantian komponen *cartridge*. *Repair Time* dinyatakan dalam jam untuk masa selama 1.5 tahun (18 bulan), mulai bulan januari 2012 sampai dengan bulan juni 2013 (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Manager Plant* ).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan *preventive maintenance* dengan menggunakan metode *Age Replacement* Penentuan penjadwalan interval waktu penggantian komponen *cartridge* sebagai bentuk mengoptimalkan biaya *downtime* dengan menggunakan metode *Agereplacement* di CV. Segar Murni Mojokerto diperoleh interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 17 hari dengan tingkat keandalan komponen diatas 50 % yaitu sebesar 53,7% sehingga terjadi 26 kali penggantian komponen dalam 18 bulan kedepan Penghematan biaya *downtime* sebesar Rp.113.166.250 atau 38,44% dibandingkan dengan sebelum menggunakan penjadwalan dengan metode *agereplacement*.

**Kata kunci:** *Preventive Maintenance, Age Replacement.*

**Abstract**

Continuous use of the machine will decrease the level of readiness of the machine itself in an attempt to keep the level of readiness of the machine so that production is secure due to the use of the machine continuously, the required maintenance activities and planned machines well. So far, the company only uses the system breaks down when the engine died maintenaince is new so repairs can disrupt the production process that brought about the rising cost of down time that must be spent by the factory for repair process takes place without prefentive maintenance. of course this is very detrimental to the CV. Segar Murni Mojokerto. Often we see a machine maintenance problem occurs only after the condition of the machine / tool productionmakeoprationaling damage and can not be returned. Given these problems, it will be the optimization of engine maintenance costs using water filters Age Replacement with hopes of optimizing engine maintenance cost water filters periodically and regularly which includes time maintenance.

Research activity is carried out on mineral water factory CV. Segar Murni Mojokerto, which is located on Jl. Raya Mojokerto - No. Kirkcaldy. 01. with retrieval time average length of repair due to damage to the equipment. The time required to perform the maintenance component replacement cartridge. Repair Time is expressed in hours for a period of 1.5 years (18 months), began in January 2012 and in June 2013 (data obtained in the form of a question and answer document indent handle links directly to the Plant Manager).

From the research that has been conducted preventive maintenance by using the method of determination of Age Replacement interval scheduling component replacement cartridge as a form of optimizing the cost of down time by using Age replacement CV. Segar Murni Mojokerto intervals obtained the optimum replacement time is

17 days with component reliability levels above 50% in the amount of 53,7% resulting in 26 times the replacement of components within the next 18 months down time cost savings of Rp. 113.166.250 or 38.44% compared to the prior use of scheduling with age replacement method.

**Key Word:** Preventive Maintenance, Age Replacement.

**PENDAHULUAN**

Penggunaan mesin secara kontinyu akan mengalami penurunan tingkat kesiapan mesin itu sendiri dalam usaha untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar hasil produksi tetap terjamin akibat penggunaan mesin secara terus-menerus, maka dibutuhkan kegiatan pemeliharaan mesin secara baik dan terencana.

CV. Segar Murni Mojokerto didirikan pada Januari 2006 sebagai pabrik yang memproduksi air minum mineral dengan teknologi RO (*Reverse Osmosis*). Teknologi RO (*Reverse Osmosis*) adalah teknologi yang dilakukan dengan memberi tekanan tinggi pada air yang dialirkan melalui membran semi permeable dimana pemisahan ion terjadi. Dengan pemisahan ion, molekul air membentuk barier yang memungkinkan molekul air lainnya untuk lewat dan menghalangi liwatnya hampir semua kontaminan. Tingkat penolakan kontaminan ini berkisar antara **85-95%** yang tergantung pada kualitas awal dari air yang diolah.

Karena mesin filter air dengan menggunakan teknologi *Reverse Osmosis* (RO) ini masih jarang digunakan oleh perusahaan-perusahaan air minum karena tergolong teknologi baru sehingga mesin-mesin ini harus didatangkan langsung dari perusahaan pembuatnya Inggris dan Jerman yang mempunyai harga yang tinggi dalam pembelianya dengan alasan ini perusahaan harus mempertimbangkan perlakuan perawatan mesin agar perusahaan mendapatkan keuntungan dari mesin ini.

Komponen utama dalam peralatan pada mesin filtrasi adalah filter yang berfungsi sebagai penyaring air yang akan diolah. Proses produksi bergantung pada kesiapan filter ini. Selama ini CV. Segar Murni Mojokerto masih kurang memperhatikan akan pentingnya pemeliharaan dari peralatan filter. Hal ini mengakibatkan apabila terjadi kerusakan pada peralatan filter, proses produksi akan terhenti dan harus melakukan perbaikan pada mesin filter yang rusak tersebut terlebih dahulu, tentunya hal ini sangat merugikan CV. Segar Murni Mojokerto. Seringkali kita melihat dalam suatu masalah pemeliharaan mesin baru dilakukan setelah kondisi dari mesin/alat produksi mengalami kerusakan dan tidak dioperasikan kembali.

Dengan mengadakan kegiatan pemeliharaan mesin yang kontinyu dan terjadwal, maka perbaikan atas kerusakan yang ada serta penyesuaian penjadwalan menjadikan kontinyuitas produksi dapat terjamin. Ditinjau dari segi kegunaan, sistem pemeliharaan memerlukan metode pemeliharaan yang paling baik sehingga peralatan filtrasi dapat terhindar dari seringnya terjadi kerusakan, demikian biaya pemeliharaan peralatan filtrasi yang didasarkan atas biaya *down time* bisa seminimal mungkin.

Dengan adanya masalah tersebut, maka akan dilakukan optimasi biaya perawatan mesin filtrasi

menggunakan metode *Age Replacement* dengan harapan dapat meminimumkan biaya pemeliharaan mesin filtrasi secara berkala dan teratur yang meliputi waktu kegiatan pemeliharaan sehingga hal ini akan memberikan hasil produksi yang terkendali.

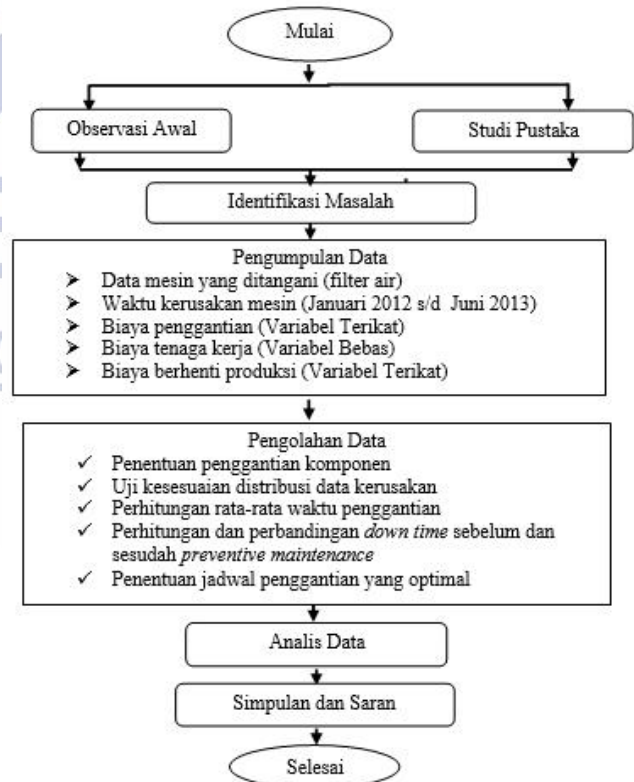
Selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem *break down maintenaince* yaitu ketika mesin mati baru dilakukan perbaikan sehingga dapat mengganggu proses produksi yang berimbas pada meningkatnya biaya *down time* yang harus dikeluarkan oleh pabrik untuk proses perbaikan berlangsung tanpa adanya *prefentive maintenance* yaitu pencegahan kerusakan dengan penjadwalan.

Penelitian ini dilakukan bertujuan Untuk Menentukan waktu optimal penjadwalan perawatan mesin filter dan Untuk menghitung biaya perawatan mesin filter yang optimal dengan menerapkan metode *age replacement*.

Manfaat penelitian ini adalah Memberikan masukan bagi perusahaan dalam pemeliharaan peralatan produksi yang lebih sistematis dan teratur sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar serta pencapaian biaya perawatan mesin yang seminimal mungkin sehingga keuntungan perusahaan dapat meningkat.

**METODE**

**Rancangan Penelitian**



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Waktu dan Tempat Penelitian

- Tempat Penelitian  
Penelitian ini dilakukan pada pabrik air mineral dengan merk produk moja TRAS yang diproduksi oleh CV Segar Murni, yang berlokasi di Jl. Raya Mojokerto – Mojosari No.01.
- Waktu Penelitian  
Penelitian dan pengambilan data dilakukan pada bulan Maret 2014 sampai dengan Mei 2014.

### Variabel Penelitian

- Variabel Bebas (Variabel Prediktor).  
Variabel bebas (variabel prediktor) dapat disebut penyebab. Variabel bebas pada penelitian ini adalah *Repair Time*  
Waktu rata-rata lama perbaikan akibat kerusakan peralatan. Waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pemeliharaan penggantian komponen filter air. *Repair Time* dinyatakan dalam jam untuk masa selama 1,5 tahun (18 bulan), mulai bulan Januari 2012 sampai bulan juni 2013. (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Manager Plant*).  
Waktu penggantian.  
Selang waktu rata-rata pada penggantian komponen mesin filter air dengan penggantian komponen yang sama yang dilakukan selanjutnya (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Manager Plant*).
- Variabel Terikat  
*Biaya Down Time*  
*Biaya Down Time* adalah biaya yang harus dikeluarkan akibat dari sistem yang tidak produktif. *Biaya Down Time* diakibatkan sistem dalam pemeliharaan atau perbaikan yang mengakibatkan hilangnya profit perusahaan. (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Manager Plant*).

### Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

Tujuan penggunaan metode statistika deskriptif untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu (Sudjana, 1996)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### Proses Produksi Air Mineral di CV. Segar Murni Mojokerto

Kegiatan produksi yang dilakukan oleh CV. Segar Murni Mojokerto dalam menghasilkan air mineral dengan menggunakan bahan baku air biasa dari sumber mata air trawas mojokerto dengan dilakukan pengangkutan menggunakan mobil tangki perusahaan kemudian air akan diproses di dalam pabrik dengan proses filtrasi RO, Oleh karena itu mutu bahan awal sangat berpengaruh terhadap mutu air yang dihasilkan oleh perusahaan. Sehingga pengawasan dalam proses filtrasi harus selalu dilakukan pemeriksaan kondisi peralatan yang digunakan agar selalu siap dan menghasilkan produk yang baik dan diterima oleh konsumen.

Barang yang dikirim oleh suplaier diterima di ruang pemeriksaan, Petugas gudang memeriksa kelayakan dan kebenaran administrasi serta kesesuaian jumlah dan jenis barang setelah dilakukan pencatatan

#### Proses Produksi Dari Bahan Baku Hingga Produk Siap Dipasarkan

Dalam proses produksi bahan baku hingga produk siap dipasarkan dapat dilihat pada gambar skema dibawah ini :



Gambar 2. Proses Produksi Dari Bahan Baku Hingga Produk Siap Dipasarkan

#### Tahap Pertama

Bahan awal yang telah dikirim dari sumber mata air trawas di masukan kedalam tandon air berukuran 25000 L yang ada didalam perusahaan.

#### Tahap filtrasi regenerasi air awal

Pertama-tama bahan yang ada di dalam tandon penampungan air bahan baku di pompa untuk menuju filter pertama sebagai penyaringan awal untuk membersihkan kotoran yang ada atau tampak pada kasat mata.

#### Tahap filtrasi kedua

Bahan baku yang sudah bersih dari kotoran dilakukan pembersihan kembali melalui saluran filtrasi kedua masuk ke tandon filtrasi kedua yang selanjutnya akan dikirim oleh oleh pipa-pipa steril menuju mesin RO.

### Tahap filtrasi RO

Pada tahap ini air yang sudah dilakukan pembersihan bertahap mesin RO setelah Siap untuk memproses air bersih dari zat-zat adiktif yang tidak dibutuhkan dalam kandungan air siap minum.

### Tahap pengemasan atau packing

Sebelum proses packing air masuk kedalam uji laboratorium untuk memastikan air yang dihasilkan dalam keadaan baik dan siap untuk dikemas. Setelah dilakukan uji laboratorium air siap dikemas dan setelah dikemas siap untuk dipasarkan.

### Data Waktu Antar Kerusakan

Data waktu antar kerusakan dan perbaikan didapatkan dari data waktu antar kerusakan dan perbaikan yang terjadi pada masa lalu data ini didapatkan dari laporan kerusakan dari bulan Januari 2011 sampai dengan Juni 2012. Data waktu antar kerusakan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini

**Tabel 1. Waktu Antar Kerusakan**

No	Tgl. Kerusakan	Waktu Antar Kerusakan (Hari)	Waktu Perbaikan (Jam)
1	6 Januari 2012	-	-
2	22 Januari 2012	14	2,5
3	10 Pebruari 2012	15	3
4	7 Maret 2012	21	2
5	31 Maret 2012	20	2,5
6	21 April 2012	16	1,5
7	7 Mei 2012	13	3
8	18 Mei 2012	10	2,5
9	11 Juni 2012	19	2
10	28 Juni 2012	14	1,5
11	12 Juli 2012	9	1,5
12	23 Juli 2012	9	3,5
13	12 Agustus 2012	17	3
14	30 Agustus 2012	15	2
15	23 September 2012	21	4
16	8 Oktober 2012	13	2,5
17	2 November 2012	20	3
18	19 November 2012	15	2,5
19	30 November 2012	9	2
20	14 Desember 2012	8	1,5
21	2 Januari 2013	17	3
22	17 Januari 2013	13	2,5
23	6 Pebruari 2013	17	3
24	22 Pebruari 2013	12	1,5
25	12 Maret 2013	15	2
26	4 April 2013	19	2,5
27	20 April 2013	14	3
28	19 Mei 2013	22	2
29	1 Juni 2013	10	2,5
30	20 Juni 2013	15	3
31	30 Juni 2013	9	2,5

Sumber: Data diolah 2014

### Penentuan distribusi data

Pengujian distribusi data waktu antar kerusakan (time for failure /  $Tf$ ) dari data waktu perbaikan (time to repair /  $Tr$ ). Data waktu antar kerusakan didapatkan dengan menghitung selisih waktu antar kerusakan pertama dengan kerusakan berikutnya

sedangkan data waktu perbaikan didapatkan dengan menghitung lamanya waktu perbaikan saat kerusakan terjadi.

Model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistik. Dalam analisa keandalan ada beberapa distribusi statistik yang umum digunakan. Distribusi statistik yang digunakan tergantung pada karakter kerusakan yang terjadi jika laju kerusakannya meningkat seiring dengan bertambahnya umur dari sistem, maka distribusi yang digunakan adalah distribusi normal dan weibull.

Dalam distribusi weibull mempunyai ketentuan  $\alpha > 0$  dan  $\beta > 0$  dalam perhitungannya

$$\alpha = \frac{\text{jumlah waktu antar kerusakan}}{\text{jumlah waktu normal}} = \frac{441}{450} = 0,98 \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\text{jumlah waktu perbaikan}}{\text{banyaknya penggantian}} = \frac{75,5}{30} = 2,57 \quad (2)$$

Dari perhitungan diatas menunjukkan  $\alpha > 0$  dan  $\beta > 0$  dalam distribusi weibull peubah acak kontinyu.

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kemungkinan mesin dapat beroperasi sampai dan untuk menghitung nilai harapan panjang siklus kerusakan. Untuk menentukan data waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan berdistribusi maka kita dapat menggunakan distribusi program weibull 4++:

### Menghitung Fungsi Padat Probabilitas

Tujuan dari menghitung fungsi padat probabilitas adalah untuk mengetahui probabilitas terjadinya kerusakan pada mesin RO khususnya *Catridge* pada waktu tertentu. Rumus yang digunakan adalah :

$$f(t) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} \right] \quad (3)$$

Dimana :  $f(t)$  = fungsi padat probabilitas

$t$  = interval waktu

= Scale parameter

= Shape parameter

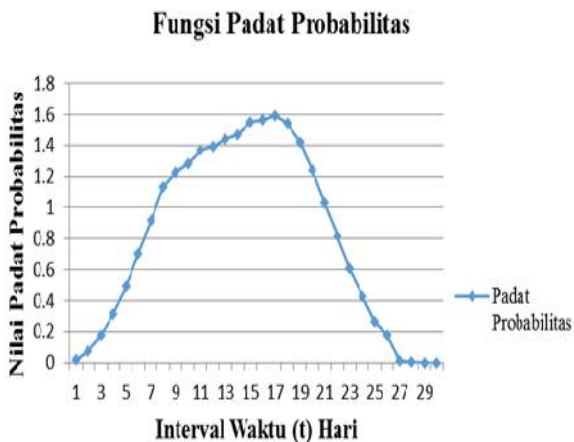
Adapun untuk perhitungan fungsi padat probabilitas berdasarkan interval waktu kerusakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t=1 \quad f(t) &= \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} \exp \left[ -\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta} \right] \\ &= \frac{3,1063 \times 1^{3,1063-1}}{13,3449^2} \exp \\ &\quad \left[ -\left(\frac{1}{13,3449}\right)^{3,1063} \right] \\ &= 0.0174 \end{aligned}$$

**Tabel 2. Hasil Perhitungan Fungsi Padat Probabilitas**

Interval waktu (t)	Fungsi Padat Probabilitas f(t)
1	0,0174
2	0,0749
3	0,1747
4	0,3158
5	0,4935
6	0,6988
7	0,9186
8	1,1355
9	1,2298
10	1,2815
11	1,3700
12	1,3939
13	1,4401
14	1,4681
15	1,5507
16	1,5609
17	1,5939
18	1,5401
19	1,4181
20	1,2426
21	1,0346
22	0,8168
23	0,6101
24	0,4302
25	0,2656
26	0,1781
27	0,0136
28	0,0024
29	0,0009
30	0,0003

Dari perhitungan di atas nilai fungsi padat probabilitas dari rumus weibull didapatkan nilai tertinggi yaitu pada interval waktu 17 hari yaitu sebesar 1,5939 adapun jika digambarkan dalam suatu grafik bentuknya seperti dibawah ini :



Gambar. 3 Grafik Fungsi Padat Probabilitas

**Menentukan Tingkat Keandalan Komponen**

Tujuan dari menghitung tingkat keandalan komponen adalah untuk mengetahui pada selang waktu sebuah mesin dapat melakukan fungsinya untuk menjalankan tugas yang sesuai dengan standar-standar yang berlaku. Adapun rumus dari perhitungan tingkat keandalan komponen berdasarkan rumus weibull adalah sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (4)$$

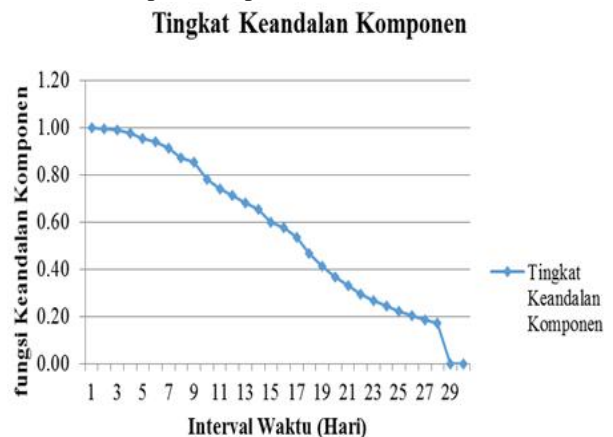
Dimana : R(t) = tingkat keandalan komponen pada waktu t

- = Scale parameter
- = Shape parameter

**Tabel 3. Hasil Perhitungan Tingkat Keandalan Komponen**

Interval waktu (t)	Tingkat keandalan komponen R(t)
1	0,9997
2	0,9973
3	0,9904
4	0,9766
5	0,9537
6	0,9399
7	0,9139
8	0,8739
9	0,8554
10	0,7838
11	0,7425
12	0,7152
13	0,6804
14	0,6549
15	0,6009
16	0,5777
17	0,5367
18	0,4656
19	0,4125
20	0,3675
21	0,3291
22	0,2961
23	0,2676
24	0,2427
25	0,2210
26	0,2019
27	0,1851
28	0,1701
29	0,0000
30	0,0000

Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai keandalan komponen diatas 50% yaitu pada interval waktu 17 hari yaitu sebesar 53,7% adapun grafik dari keandalan komponen dapat dilihat dibawah ini :



Gambar. 4 Grafik tingkat keandalan komponen

**Menentukan laju kerusakan**

Tujuan dari penentuan leju kerusakan komponen adalah untuk mengetahui banyaknya kerusakan yang terjadi tiap satuan waktu. Adapun rumus dari perhitungan laju kerusakan adalah sebagai berikut:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (5)$$

dimana :  $\lambda(t)$  = besarnya kerusakan yang terjadi pada waktu t

= Scale parameter

$r$  = Shape parameter

adapun perhitungan dari laju kerusakan komponen adalah sebagai berikut :

$$t = 1\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

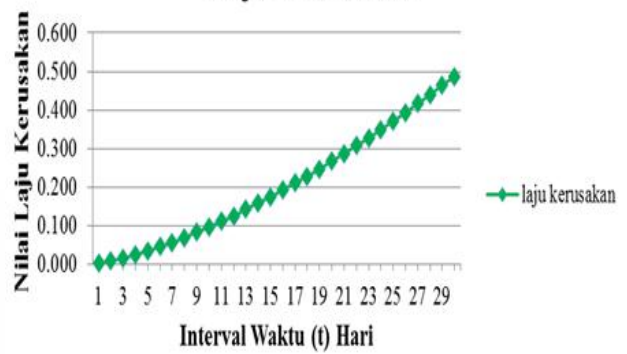
$$= \frac{3,1063}{13,3449} \left(\frac{1}{13,3449}\right)^{3,1063-1} = 0,003$$

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Tingkat Laju kerusakan**

Interval waktu (t)	Tingkat Laju Kerusakan $\lambda(t)$
1	0,003
2	0,009
3	0,016
4	0,025
5	0,034
6	0,045
7	0,056
8	0,069
9	0,082
10	0,095
11	0,110
12	0,125
13	0,141
14	0,157
15	0,174
16	0,192
17	0,210
18	0,228
19	0,247
20	0,267
21	0,287
22	0,307
23	0,328
24	0,349
25	0,371
26	0,393
27	0,416
28	0,439
29	0,463
30	0,486

Dari perhitungan nilai laju kerusakan berdasarkan tabel di atas maka didapatkan nilai tertinggi dari fungsi tersebut yaitu pada interval waktu 30 hari yaitu sebesar 0,486 Adapun laju kerusakan dapat dilihat pada grafik dibawah ini:

**Laju Kerusakan**



Gambar. 5 Grafik tingkat laju kerusakan

**Menentukan MTTF Dan MTTR**

Keandalan dari suatu sistem seringkali diberikan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem tersebut yang dinotasikan E(t) dan sering disebut rata-rata waktu kerusakan atau Mean Time To Failure (MTTF) sedangkan Mean Time To Repair adalah waktu rata-rata penggantian komponen.

Sesuai dengan definisi MTTF, maka dengan menintegralkan keandalan antara nol sampai tak terhingga maka didapatkan rumus sebagai berikut :

Adapun perhitungan MTTF adalah sebagai berikut

$$MTTF = \alpha \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (6)$$

$$= 13,3449 \left(1 + \frac{1}{13,3449}\right)$$

$$= 14,42 = 14 \text{ hari}$$

Adapun perhitungan MTTR adalah sebagai berikut :

$$MTTR = \beta \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (7)$$

$$= 3,1063 \left(1 + \frac{1}{3,1063}\right) = 3,5 \text{ jam}$$

**Menghitung Total Biaya Perawatan Dengan Metode Age Replacement**

Dalam memecahkan masalah penentuan waktu yang optimal bagi penggantian pencegahan yang optimal digunakan metode Age Replacement dengan kriteria optimalisasi biaya down time.

Perhitungan yang digunakan dalam metode Age Replacement ini adalah sebagai berikut :

$$C(t) = \frac{C_p \times R(t) + C_f [1 - R(t)]}{t \times R(t) + \left(\int_0^t t \times f(t) dt\right)} \quad (8)$$

Dimana: C(t) = biaya total perawatan

C<sub>p</sub> = biaya pemeliharaan pencegahan

R(t) = tingkat keandalan komponen

C<sub>f</sub> = biaya perbaikan kerusakan

[1 - R(t)] = fungsi padat probabilitas

t = interval waktu pemeliharaan dilakukan

$\left(\int_0^t t \times f(t) dt\right)$  = umur rata-rata komponen (laju kerusakan)

Untuk dapat menghitung total biaya perawatan optimal maka mencari biaya-biaya perawatan yang

relevan yaitu biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

Gaji operator dan teknisi

- Gaji operator

Yaitu Rp. 1.200.000,- per bulan, kemudian di konversikan dalam biaya perjam sebesar :

Untuk bulan april 2012 didapat :

Jumlah hari dalam bulan april = 30

Jumlah hari libur di bulan april = 5 hari

Jam normal kerja adalah delapan jam

Maka di jika dikonversikan dalam jam adalah :

= 30 hari – 5 hari libur

= 25 hari × 8 jam

= 200 jam

Jadi pada bulan april 2012 terdapat 200 jam kerja efektif sehingga biaya yang harus di bayar untuk operator adalah sebesar :

=  $\frac{\text{Rp.1.200.000}}{200 \text{ jam}}$

= Rp. 6.000,- per jam

- Gaji teknisi

Yaitu Rp.1.350.000,- per bulan kemudian di konversikan dalam biaya perjam yaitu sebesar

=  $\frac{\text{Rp.1.350.000}}{200 \text{ jam}}$

= Rp. 6.750,-per jam

Biaya pembelian *catridge*

Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian *catridge* adalah sebesar Rp. 500.000,-

Biaya lembur operator 8.500,- per jam

Kerugian akibat *downtime* yaitu kehilangan mendapatkan keuntungan karena terhentinya produksi.

Jika dalam satu menit mesin RO dapat menghasilkan air bersih 120L jadi dalam satu jam dapat menghasilkan 7200L harga eceran tertinggi air hasil produksi Rp.650,-/liter dengan biaya produksi sebesar Rp.300,- /liter maka saat mesin berhenti maka perusahaan akan mengalami kerugian atas kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan per liter air adalah sebesar

= HET – biaya produksi

= ( Rp.650,-) – (Rp.300,-)= Rp.350,-

Bila kerugian akibat kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan akibat terhentinya produksi adalah sebesar Rp. 350,- per liter maka kehilangan kesempatan per jam adalah sebesar :

Rp.350,- /liter × 7200L/jam = Rp.2.520.000,-/jam

Maka kerugian yang diakibatkan oleh terhentinya proses produksi adalah sebesar Rp.2.520.000,-/jam

### Perhitungan biaya akibat kerusakan (Cf) tiap satu kali kerusakan

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dibutuhkan 1 orang teknisi dengan biaya sebesar 6750 × 1 orang = 6750,- waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen (MTTR) = 3,5 jam. Maka Rp. 6.750 × 3,5 jam = Rp.23.625,-	Rp.23.625,-
2	Waktu menganggur 2 orang operator dengan biaya sebesar Rp.6000,- × 2 orang = 12000 waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengganti komponen (MTTR) = 3,5 jam maka Rp. 6.000 × 3,5 jam = Rp.21.000,-	Rp.21.000,-
3	Biaya pembelian <i>catridge</i>	Rp.500.000,-
4	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin menganggur Rp.2.520.000,-/jam waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen (MTTR) = 3,5 jam maka Rp.2.520.000,-/jam × 3,5 jam = Rp.8.820.000,-/jam	Rp.8.820.000,-
	<b>Total</b>	<b>Rp. 9.364.625</b>

### Perhitungan Biaya perawatan (Cp)

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dibutuhkan 1 orang teknisi dengan biaya sebesar Rp.6.750 × 1 orang = Rp.6.750 waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen adalah 1,5 jam. Maka Rp.6.750 × 2,5 jam = Rp.16.875,-	Rp.16.875,-
2	Waktu menganggur 2 orang operator dengan biaya sebesar Rp.6000,- × 2 orang = Rp.12000,- waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perawatan pencegahan = 2,5 jam maka 12000 × 2,5 jam = Rp.30.000	Rp.30.000
3	Biaya pembelian <i>catridge</i>	Rp.500.000
4	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin menganggur Rp.2.520.000,-/jam waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen 2,5 jam maka Rp.2.520.000,-/jam × 2,5 jam = Rp.6.300.000,-/jam	Rp.6.300.000,-
	<b>Total</b>	<b>Rp. 6.846.875,-</b>

Keterangan langkah-langkah penggantian komponen *cartridge* :

- Pastikan mesin kondisi mati = 15 menit
- Kendorkan mur dan baut = 15 menit
- Buka tutup pelindung *cartridge* = 15 menit
- Lepaskan *cartridge* = 25 menit
- Periksa dan lakukan pengecekan *cartridge*= 25 menit
- Pasang *cartridge* baru dengan baik = 25 menit
- Cek kembali *cartridge* yang telah dipasang = 15 menit
- Tutup kembali dan kencangkan mur dan baut= 15 menit +
- Total** = 150 menit = 2,5 jam

Setelah biaya perawatan pencegahan (Cp) dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan (Cf) diketahui dan harga Cp ternyata lebih kecil dari Cf, maka kita selanjutnya dapat menghitung total biaya perawatan dengan rumus yang telah disebutkan diatas.

Adapun perhitungan total biaya perawatan berdasarkan metode *agereplacement* adalah sebagai berikut:

$$t = 1 \quad C(t) = \frac{C_p \times R(t) + C_f [1 - R(t)]}{t \times R(t) + \int_0^t t \times f(t) dt}$$

$$C(1) = \frac{Rp.6846.875,- \times 0,99997 + 9.364.625 \times [1 - 0,99997]}{1 \times 0,99997 + 0,003} = Rp. 6.829.191,5$$

Untuk mempermudah perhitungan total biaya perawatan berdasarkan metode *age replacement*, maka kita menggunakan *software excel* yang hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4. Total Biaya Perawatan C(tp)**

Interval waktu (t)	Total Biaya Perawatan C(tp) (Rp)
1	6.829.191,5
2	3.420.679,2
3	2.300.162,5
4	1.756.572,8
5	1.449.962,9
6	1.231.122,3
7	1.094.580,0
8	1.014.753,6
9	926.784,8
10	931.704,6
11	905.490,3
12	868.678,4
13	851.477,6
14	827.373,1
15	854.607,8
16	838.362,8
17	858.520,9
18	951.626,3
19	1.029.878,5
20	1.107.962,7
21	1.185.873,1
22	1.263.578,1
23	1.340.605,2

24	1.417.857,2
25	1.493.928,5
26	1.569.596,5
27	1.643.716,8
28	1.717.935,3
29	1.707.935,3
30	1.697.935,3

Penentuan biaya optimal dapat dihitung sebagai berikut :

$$BiayaOptimal(t) = \left( \frac{Waktu\ kerja}{Interval\ Waktu\ Penggantian} \right) \times Biaya\ perawatan \quad (9)$$

$$t(14) = \left( \frac{450}{14} \right) \times 827.373,1 = Rp. 26.594.135$$

$$t(15) = \left( \frac{450}{15} \right) \times 854.607,8 = Rp. 25.638.23$$

$$t(16) = \left( \frac{450}{16} \right) \times 838.362,8 = Rp. 23.578.954$$

$$t(17) = \left( \frac{450}{17} \right) \times 858.520,9 = Rp. 22.725.553$$

Setelah dilakukan perhitungan total biaya perawatan pada mesin RO (penggantian komponen *cartridge*) maka didapatkan total biaya yang optimal yaitu pada interval waktu 17 hari sebesar Rp. 858.520,9 dalam sekali penggantian dengan tingkat keandalan sebesar 53,7%.



Gambar. 6 Grafik Total Biaya Perawatan

Dari perhitungan total biaya perawatan diatas menunjukkan bahwa pada interval waktu ke-14 sampai ke-16 memiliki keandalan yang lebih tinggi dan biaya penggantian untuk setiap penggantian yang lebih rendah dari pada interval waktu ke-17 tetapi tidak dipilih karena lebih banyak atau lebih sering mengganti. Sehingga total biaya perawatan lebih besar. Maka dipilihlah interval waktu 17 hari yaitu dengan tingkat keandalan diatas 50% yaitu sebesar 53,7% dengan biaya total perawatan sebesar Rp. 22.725.553.

**Perhitungan Penghematan Biaya Perawatan**

Penghematan biaya *downtime* yang didapat jika menetapkan penggantian komponen sebelum rusak (*preventifmaintenance*) jika :

$$18 \text{ bulan} = 450 \text{ hari kerja}$$

Total biaya penggantian komponen *cartridge* selama 18 bulan sebelum diadakan *preventive*



*maintenance* yang terjadwal perawatan dengan metode *agereplacement* interval waktu kerusakan setelah kondisi rusak dan mesin berhenti bekerja kerusakan komponen sebanyak 30 kali maka biaya penggantian sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya penggantian} &= \text{Rp. } 9.639.500 \times 30 \\ &= \text{Rp. } 289.185.000 \end{aligned}$$

Total biaya penggantian komponen *catridge* selama 18 bulan setelah diadakan penjadwalan penggantian dengan metode *agereplacement* untuk penggantian komponen *catridge* pada keandalan 53,7% diperoleh waktu optimal sebesar 17 hari sekali sehingga waktu 18 bulan adalah :

$$\begin{aligned} &= \frac{450}{17} \\ &= 26,47 \text{ kali ganti} = 26 \text{ kali ganti} \end{aligned}$$

Jika memakai perawatan preventif selama 17 hari maka akan terjadi penggantian dengan jumlah biaya perawatan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Biaya perawatan} &= \text{Rp. } 6.846.875,- \times 26 = \text{Rp. } 178.018.750,- \\ \text{Penghematan yang didapat sebesar :} &= (\text{Rp. } 289.185.000,-) - (\text{Rp. } 178.018.750,-) \\ &= \text{Rp. } 113.166.250 \end{aligned}$$

Atau dapat dilakukan dalam persen penghematan selama 18 bulan yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan preventif adalah sebesar :

$$= \left[ \frac{\text{Rp. } 113.166.250}{\text{Rp. } 289.185.000} \right] \times 100\% = 38,44 \%$$

## Pembahasan

Dari analisa data diatas menunjukkan hasil analisa penggantian dari komponen mesin RO yaitu *catridge* menunjukkan bahwa dari perhitungan fungsi padat probabilitas didapatkan nilai tertinggi dari fungsi tersebut adalah pada interval waktu 17 hari dengan nilai 1,5939

Pada perhitungan data diatas diketahui keandalan komponen diatas 50% (nilai keandalan yang diinginkan oleh pihak perusahaan) dengan biaya yang optimal yaitu pada interval waktu 17 hari yaitu sebesar 53,7% sesuai dari hasil perhitungan diatas bahwasanya semakin lama di pergunakan komponen tersebut akan semakin menurun tingkat keandalannya. Dan jika pihak perusahaan menginginkan nilai keandalan semakin besar konsekuensinya waktu pemakaian komponen akan relatif singkat.

Serta pada perhitungan laju kerusakan komponen *catridge* sebelumnya menunjukkan nilai kerusakan dengan nilai tertinggi dari fungsi tersebut yaitu pada interval waktu 30 hari yaitu sebesar 0,486 dimana laju kerusakan akan meningkat seiring dengan waktu pemakaian dari komponen tersebut.

Dari perhitungan total biaya perawatan yang dikeluarkan pada interval hari ke-1 menunjukkan sebesar Rp.6.829.191,5 merupakan biaya yang terbesar dan pada interval hari ke-14 merupakan yang terkecil yaitu Rp. 827.373,1 karena pada Interval waktu ke-14 sampai dengan ke-16 menunjukkan total biaya perawatan yang masih tinggi disebabkan masih banyaknya jumlah penggantian yang harus dilakukan selama 18 bulan maka

dipilihlah pada interval hari ke-17 yaitu menunjukkan biaya sebesar Rp. 858.520,9 dengan tingkat keandalan diatas 50% dijadikan pilihan sebagai penjadwalan yang optimal.

Sehingga dipilihlah interval waktu 17 hari penggantian dikarenakan semakin lama interval waktu penggantian maka tingkat keandalannya semakin rendah ini memungkinkan mesin berhenti atau rusak sewaktu-waktu semakin besar sehingga pihak perusahaan menentukan nilai keandalan diatas 50% dan setelah di teliti melalui perhitungan tingkat keandalan interval waktu 17 hari menunjukkan keandalan sebesar 53,7% dan biaya perawatan yang optimal.

Total biaya penggantian komponen *catridge* selama 18 bulan setelah diadakan penentuan interval perawatan dengan metode *agereplacement* untuk perawatan komponen *catridge* pada keandalan diatas 50 % diperoleh waktu optimal 17 hari sekali dengan tingkat keandalan 53,7% sekali sehingga untuk waktu 18 bulan adalah

Jika memakai perawatan preventif selama 17 hari maka akan terjadi 26 penggantian dengan jumlah biaya perawatan sebesar 178.018.750,- dan Penghematan yang didapat sebesar 113.166.250 Atau dapat dilakukan dalam persen penghematan selama 18 bulan yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan preventif adalah sebesar 38,44%

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil pengolahan data yang telah dilakukanserta pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

- Interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 17 hari.
- Penghematan biaya *down time* sebesar Rp. 113.166.250 atau 38,44% dibandingkan dengan sebelum menggunakan penjadwalan dengan metode *age replacement*.

### Saran

Berdasarkan simpulan dan pengolahan data peneliti mengadakan penelitian di perusahaan CV. Segar Murni Mojokerto. Maka saran yang bisa diberikan oleh peneliti adalah :

- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan metode *Age Replacement* digunakan pada mesin-mesin yang sering mengalami kerusakan dengan komponen-komponen yang lebih mendetail.
- Untuk perencanaan penjadwalan penggantian komponen dapat menggunakan metode *Age Replacemen* sebagai pengoptimalan biaya *down time*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2008). *Manajemen produksi dan operasi*. Edisi revisi 2008, Jakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Corder. (1988). *Teknik manajemen pemeliharaan*, Jakarta: Erlangga.
- Ebeling, C.E. (1997). *An introduction to reliability and maintainability engineering*, Singapore: The McGraw-Hill Company.
- Govil, A.K., 1983, *Reability Engineering*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Hartono AS, MM, 2004, *Lokomotif Kereta Rel Diesel di Indonesia*, APKA, Bandung
- Hartono, Gunawarman. 2003. *Analisis Penerapan Total Preventive Maintenance Untuk Meningkatkan Availability dan Reliability Pada Mesin Injeksi Melalui Minimisasi Downtime*. Jakarta: Universitas Binus
- Jardine, A.K.S. (1993). *Maintenance, replacement, and reliability*, Canada: Pittman Publishing Company.
- Johannes H.J G, *Optimal Age Replacement versus Condition Based Replacement*, Journal of Quality Technology Vol.15, No 4 Oktober 1983.
- Knezevic, Jezdimir, 1993. *Reliability, Maintenance and Supportability: A Probabilistic Approach*. London: McGraw-Hill Book Company.
- Montgomery, Douglas C. 1997. *Design and Analysis of Experiment*, John Wiley & son. 4th edition.
- Shey-Huei Sheu, *Optimal Age-Replacement Policy With Age-Dependent Minimal Repair and Random Leadtime*, IEE Reliability Society, 2001