

# Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan Pencegahan pada Peralatan Sub-Unit RKC 3 di PTX Pabrik Tuban

Fesa Putra Kristianto, Bobby O.P. Soepangkat  
Program Pascasarjana Magister Manajemen Teknologi ITS  
Bidang Keahlian Manajemen Industri  
e-mail: pputra139@gmail.com, bops\_1994@me.its.ac.id

**Abstract:** PT X Tuban Plant has four plants (unit), namely Tuban I, Tuban II, Tuban III and Tuban IV. Each unit plant has three sub units, i.e., Crusher Operations Sub-Unit, Raw Mill, Kiln and Coal Mill (RKC) Sub-Unit and Finish Mill Sub-Unit. RKC 3 Sub-Unit in Tuban III has the highest number of equipment downtime and production loss. Therefore, it was necessary to optimize the time interval of preventive maintenance ( $T_p$ ) and total labor force as part of the company maintenance policy, which would also fulfill the required reliability and availability of RKC 3 Sub-Unit. There were two steps in determining  $T_p$  optimum. The first step was to obtain the best distribution of the time between failures (TBF) and time to repair (TTR). The next step was to iterate the operating time ( $T$ ) and  $T_p$  to determine the minimum preventive maintenance cost rate, reliability and maintainability. This iteration was applied to sub-units of RKC 3 that possesses a series system.  $T_p$  at the lowest rate of maintenance costs was the optimum  $T_p$ . The optimum  $T_p$  for RKC 3 Sub-Unit is 3743,28 hour. The preventive maintenance cost rate for optimum  $T_p$  is Rp33.100/hour and the reliability and availability of sub unit are 96,7% and 99,86% respectively. **Keywords:** reliability, availability, preventive maintenance cost rate, and preventive maintenance.

**Keywords:** keandalan, ketersediaan, laju biaya pemeliharaan pencegahan

## PENDAHULUAN

PT X adalah perusahaan pembuat semen terbesar di Indonesia. Proses produksi di PT X menggunakan proses produksi kontinu. Setiap industri yang beroperasi secara kontinu harus memelihara peralatan-peralatan produksinya secara efektif agar waktu operasi pabrik dapat mendekati bahkan mencapai kapasitas rancangannya (Nguyen, 2008). Kapasitas produksi PT X mencapai 39.452 ton pe hari, apabila PT X kehilangan waktu produksi akan menyebabkan peningkatan *opportunity loss* sebesar Rp 821.917.808,00 per jam (*Annual Report* PT X, 2015).

PT X Pabrik Tuban memiliki empat unit *plant*, yaitu Unit Tuban I, Unit Tuban II, Unit Tuban III, dan Unit Tuban IV. Semua unit *plant* di PT X Pabrik Tuban menggunakan proses

kering untuk memproduksi semen. Skema alur proses pembuatan semen di PT X ditunjukkan oleh Gambar 1. Proses pembuatan semen memerlukan bahan baku utama, bahan baku koreksi 1 dan bahan baku koreksi 2. Bahan baku utama yang digunakan adalah batu kapur (*lime stone*) dan tanah liat (*clay*). Bahan baku koreksi 1 yaitu *copper slag* dan pasir silika. Bahan baku koreksi 2 yaitu gypsum (Duda, 1985).

Satu unit plant di PT X Pabrik Tuban tersusun oleh tiga sub-unit, yaitu Sub-Unit Operasi *Crusher*, Sub-Unit *Raw Mill*, *Kiln* dan *Coal Mill* (RKC) dan Sub-Unit *Finish Mill*. Proses produksi semen di PT X Pabrik Tuban memiliki dua penyangga produksi. Penyangga produksi yang pertama adalah berada di antara Sub-Unit Operasi *Crusher* dan Sub-Unit RKC dan yang kedua berada di antara Sub-Unit RKC dan Sub-

Unit *Finish Mill*. Dengan adanya penyangga produksi di masing-masing unit maka produksi semen tidak sepenuhnya kontinu. Pemilihan Sub-Unit RKC sebagai objek penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa Sub-Unit RKC adalah unit di mana terdapat reaksi kimia pembuatan semen dan memiliki kerugian terbesar akibat *emergency downtime*.

Setiap unit *plant* di PT X pabrik Tuban memiliki satu Sub-Unit RKC sehingga secara keseluruhan terdapat empat Sub-Unit RKC, yaitu RKC 1, RKC 2, RKC 3 dan RKC 4. Penelitian ini hanya menggunakan tiga Sub-Unit tanpa RKC 4 dikarenakan RKC 4 baru beroperasi pada tahun 2013. Ketiga Sub-Unit ini mempunyai rangkaian alat yang sama akan tetapi *plant* yang berbeda sehingga dilakukan perbandingan terhadap data frekuensi kegagalan, jumlah *down*

*time*, biaya pemeliharaan dan kerugian produksi. Tabel 1 menunjukkan perbandingan dari ketiga Sub-Unit RKC untuk periode bulan Januari 2010 hingga bulan Juli 2016. Dari hasil perbandingan, jumlah *down time* dan biaya terbesar terdapat di RKC 3 sehingga RKC 3 dipilih sebagai objek penelitian.

Sejauh ini, ada beberapa metode penentuan interval waktu pemeliharaan pencegahan yang sudah diketahui dan diimplementasikan. Salah satunya adalah dengan melakukan optimasi interval waktu pemeliharaan pencegahan (Jardine, 1970). M. Mahdavi (2008) melakukan penelitian untuk menentukan kebijakan interval penggantian komponen yang paling optimal dengan menggunakan model keputusan sederhana untuk memaksimalkan keandalan sistem. Rakhmad (2011) melakukan iterasi  $T_i$  dan  $T_p$  untuk meningkatkan



Gambar 1 Diagram Alir Proses Produksi Semen PT X

Tabel 1 Frekuensi Kegagalan, Jumlah *Down Time*, Biaya Pemeliharaan dan Kerugian Produksi dari Bulan Januari 2010 sampai dengan Bulan Juli 2016 di Sub-Unit RKC

No.	Sub-Unit	Frekuensi Kegagalan	Jumlah <i>Down Time</i> (Jam)	Biaya Pemeliharaan	Kerugian Produksi
1	RKC 1	371	2.329	Rp 326.061.687.094	Rp 213.121.288.800
2	RKC 2	319	2.199	Rp 284.612.481.697	Rp 211.441.245.400
3	RKC 3	375	2.984	Rp 363.616.357.570	Rp 215.169.248.000

Sumber: Data *down time*, biaya produksi dan biaya pemeliharaan dari bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Juli 2016

keandalan sistem minimum hingga 74% dan penghematan biaya pemeliharaan juga dapat ditingkatkan menjadi 139,9 USD/hari dari 145,7 USD/hari. Sutanto (2011) melakukan optimasi laju biaya pemeliharaan pencegahan sehingga didapatkan penghematan laju biaya pemeliharaan pencegahan pada *packer* PT ISM Bogasari sebesar 14,6%.

Dengan mengacu pada hasil penelitian terdahulu, maka dilakukan penentuan interval waktu pemeliharaan pencegahan yang dapat meminimumkan laju biaya pemeliharaan pencegahan serta keandalan dan ketersediaan yang ditetapkan oleh perusahaan.

## KAJIAN PUSTAKA

### Fungsi Keandalan

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu komponen atau sistem untuk dapat

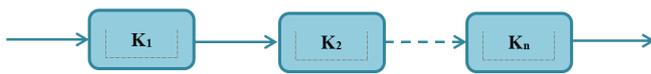
melakukan fungsi yang telah ditetapkan menurut konteks pengoperasian (Tsang dan Jardine, 2005), lingkungan dan periode waktu yang telah ditentukan. Parameter distribusi, fungsi keandalan, *mean time between failure* (MTBF), dan *mean time to repair* (MTTR) terhadap distribusi *Weibull 2* dan *Weibull 3* (Ebeling, 1997) ditunjukkan pada Tabel 2.

### Pemodelan Sistem Seri

Peralatan yang dimodelkan dengan sistem seri dapat menjalankan fungsinya jika semua komponen dalam sistem tersebut beroperasi. Apabila salah satu komponen dalam sistem tidak beroperasi akibat kegagalan, keseluruhan sistem akan mengalami kegagalan. Blok diagram dari tiga komponen seri pertama, kedua, dan berikutnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2 Fungsi Padat Peluang, Keandalan, MTBF, dan MTTR

Macam Distribusi	Weibull 2	Weibull 3
Parameter Distribusi	$\eta$ = parameter skala ( <i>scale parameter</i> ), $\eta > 0$ $\beta$ = parameter bentuk ( <i>shape parameter</i> ), $\beta > 0$	$\eta$ = parameter skala ( <i>scale parameter</i> ), $\eta > 0$ $\beta$ = parameter bentuk ( <i>shape parameter</i> ) $\gamma$ = parameter lokasi ( <i>location parameter</i> )
Keandalan	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$	$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]$
MTBF	$MTBF = \eta\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$ $\Gamma$ = fungsi gamma	$MTBF = \gamma + \eta\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$ $\Gamma$ = fungsi gamma
MTTR	$MTTR = \eta\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$ $\Gamma$ = fungsi gamma	$MTTR = \gamma + \eta\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$ $\Gamma$ = fungsi gamma



Gambar 2 Model Sistem Seri

**Optimasi Interval Waktu Pemeliharaan Pencegahan**

Keandalan dan *maintainability* alat atau sistem dapat diiterasi dengan menggunakan *random number* yang dihasilkan dari fungsi *RAND ()* di perangkat lunak *Microsoft Excel*. Fitur ini dapat digunakan untuk menghasilkan bilangan acak antara 0 dan 1.

Langkah iterasi  $T_i$  dan  $T_p$  pada sistem seri adalah sebagai berikut (Lagoune dkk., 2009):

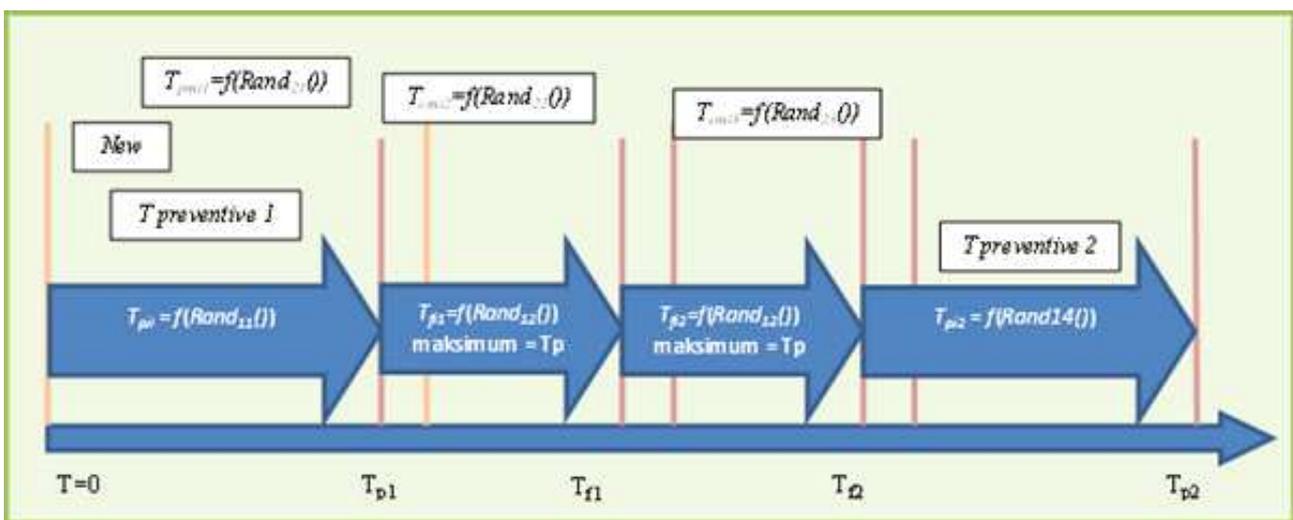
1. Penetapan parameter-parameter keandalan yang akan digunakan.
2. Penetapan nilai pertama dari  $T_p$ .
3. Penentuan dua kelompok random number,  $Rand_1()$  untuk iterasi  $T_i$  dan  $Rand_2()$  untuk iterasi  $T_{cmi}$ .
4. Jika  $T_i > T_p$ , maka sub sub sistem tidak mengalami kerusakan atau  $T_i = T_{pmi}$ , namun tetap dilakukan pemeliharaan pencegahan selama  $T_{pmi}$ .

5. Jika  $T_i < T_p$ , maka sub sub sistem mengalami kerusakan atau  $T_i = T_{fi}$ , sehingga harus dilakukan perbaikan selama  $T_{cmi}$ .
6. Pengulangan langkah 3 sampai 5 sesuai dengan jumlah total run yang digunakan.
7. Pengulangan langkah 2 sampai 6 dengan nilai  $T_p$  yang berbeda-beda.
8. Pembuatan kurva laju biaya pemeliharaan dan  $T_p$  seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.

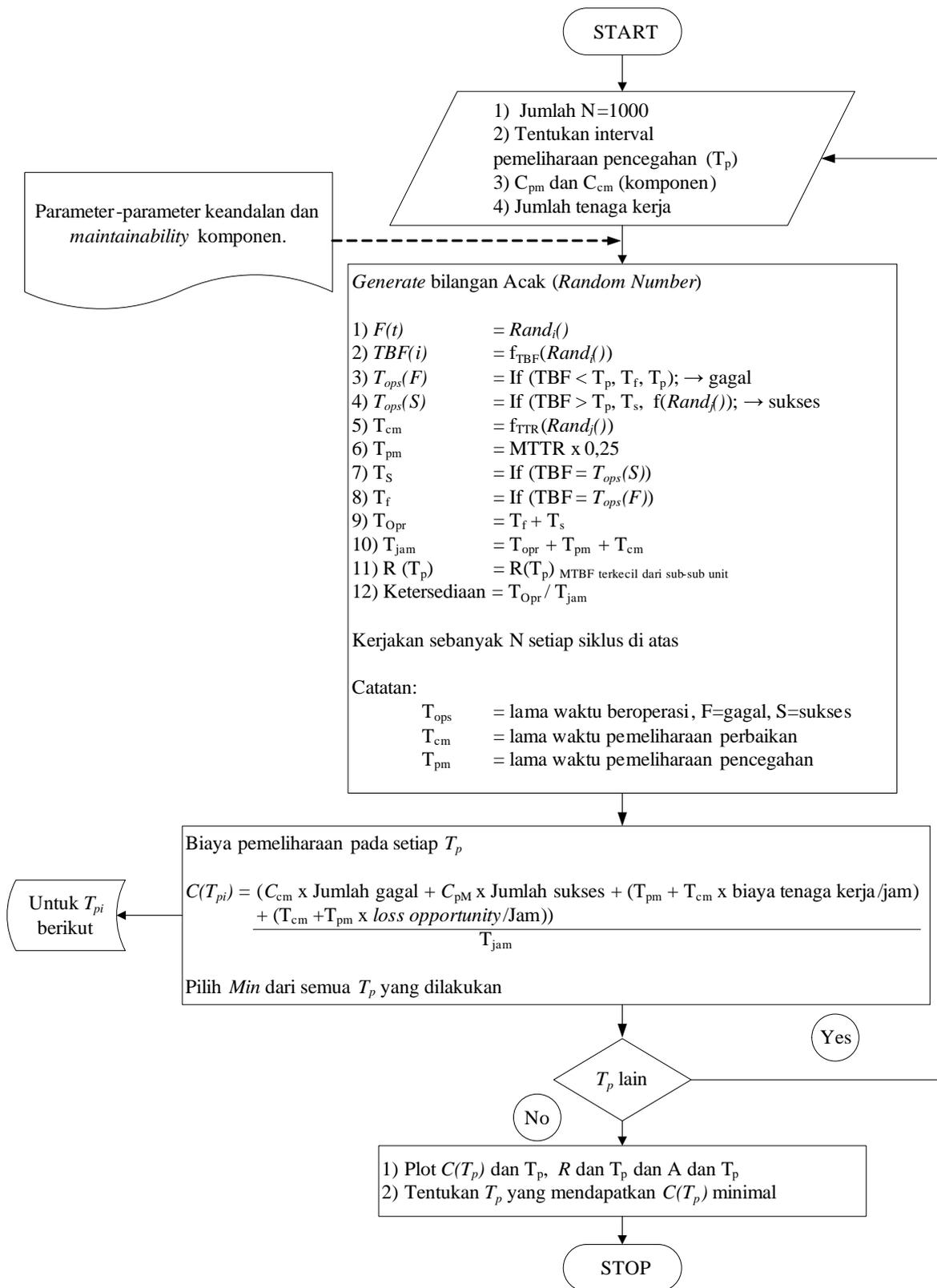
Biaya pemeliharaan didapatkan dengan persamaan berikut.

dengan

$i$ = Subskrip ( $i$ ) untuk sub-sistem	$T_{p,i}$ = Interval waktu pemeliharaan pencegahan sub-sistem ( $i$ )
$r$ = Subskrip ( $r$ ) untuk run	$T_{cmi,r}$ = Lama perbaikan sub-sistem ( $i$ ) run ( $i$ )
$N$ = Total percobaan	$T_{opr,i}$ = Lama operasi sub-sistem ( $i$ )
$g$ = Superskrip ( $g$ ), indikator gagal	$T_{jam_i}$ = $T_{opr,i} + T_{pm,i} + T_{cm,i}$
$s$ = Superskrip ( $s$ ), indikator sukses	$R_i$ = Keandalan sub-sistem
$C_i^p$ = Biaya pemeliharaan pencegahan sub-unit ( $i$ )	$A_i$ = Ketersediaan sub-sistem
$C_i^f$ = Biaya perbaikan sub-unit ( $i$ )	$C_i$ = Laju biaya pemeliharaan sub sistem ( $i$ )
$T_{i,r}$ = Waktu hidup sub-sistem ( $i$ ) pada run ke ( $r$ )	$C_s^{lop}$ = Biaya <i>loss opportunity</i>



Gambar 3 Alur Iterasi  $T_i$  dan  $T_p$  Secara Berurutan Sesuai dengan Pola Pemeliharaan Pencegahan Multi-Komponen (Giani, 2006)



Gambar 4 Diagram Alir Iterasi  $T_i$  dan  $T_p$  untuk Sub-Unit

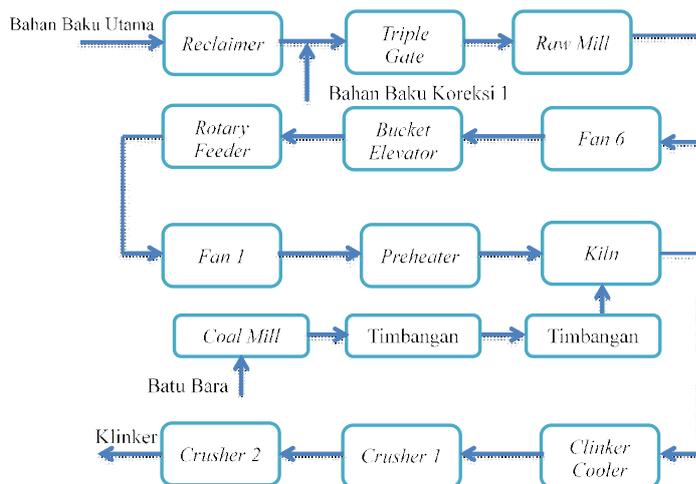
### METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menentukan interval waktu pemeliharaan pencegahan dengan laju biaya minimum adalah sebagai berikut.

1. Tahap yang pertama adalah menentukan Sub-Unit penyusun Sub-Unit RKC 3, kemudian membuat diagram Pareto untuk menentukan komponen-komponen penyebab kegagalan dari Sub-Unit penyusun Sub-Unit RKC 3.
2. Tahap kedua adalah melakukan ANAVA untuk data waktu antar kegagalan atau *time between failure* (TBF) dan waktu perbaikan atau *time to repair* (TTR). Tahap ini bertujuan untuk memperoleh jumlah data TBF dan TTR setiap Sub-Sub-Unit masing-masing sebanyak lebih dari 20 data dan berasal dari populasi yang sama.
3. Tahap ketiga adalah tahap penilaian keandalan. Pada tahap ini dilakukan penentuan distribusi dan parameter dari data waktu antar-kegagalan dan waktu perbaikan yang telah didapatkan. Selanjutnya dapat ditentukan fungsi padat peluang waktu antar-kegagalan, fungsi keandalan, fungsi padat peluang waktu perbaikan dan fungsi *maintainability*.
4. Tahap keempat adalah tahap penentuan interval waktu pemeliharaan pencegahan dengan menggunakan iterasi  $T_i$  dan  $T_p$ . Gambar 4 menunjukkan diagram alir iterasi  $T_i$  dan  $T_p$ .

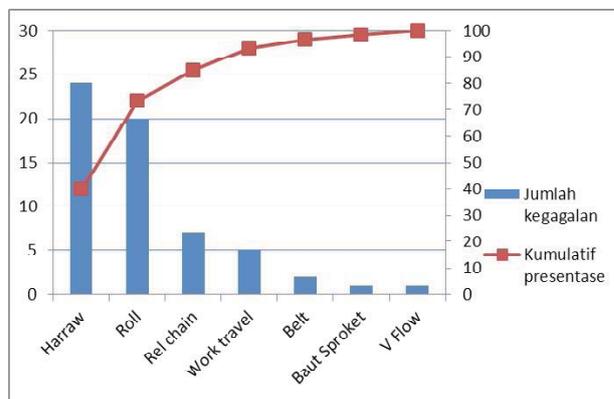
### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sub-Unit RKC 3 disusun oleh 15 Sub-Unit yang tersusun secara seri seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Sub-Unit Peralatan Penyusun Sub-Unit RKC 3

Untuk menentukan komponen penyusun sub-unit, maka dibuat diagram Pareto dari frekuensi kegagalan komponen sub-unit. Dari hasil diagram Pareto tersebut diambil 20% komponen penyebab kegagalan yang mengakibatkan 80% kegagalan sub-unit. Gambar 6 menunjukkan diagram Pareto dari komponen sub-unit *reclaimer*.



Gambar 6 Diagram Pareto Komponen Sub-Unit Reclaimer

Dari Gambar 6 didapatkan tiga komponen yang menyebabkan 80% kegagalan sub-unit. Komponen-komponen tersebut adalah *harrow* dengan frekuensi kegagalan sebanyak 24 kali, *roll* dengan frekuensi kegagalan sebanyak 20

kali dan *rel chain* dengan frekuensi kegagalan sebanyak 7 kali. Langkah yang sama dilakukan untuk 14 sub-unit lainnya. Tabel 3 menunjukkan hasil diagram Pareto untuk menentukan komponen penyusun Sub-Sub-Unit.

**Tabel 3 Hasil Diagram Pareto untuk Penentuan Komponen-Komponen Penyusun Sub-Sub-Unit**

No.	Sub-Unit	Komponen	No.	Sub-Unit	Komponen
1	Reclaimer	Harrow	9	Preheater	Cyclone
		Roll			Calciner
		Rel Chain			
2	Raw Mill	Roll	10	Timbangan 2	V-belt
		Blader			Kabel
		Support Scaveengine			V-belt
3	Triple Gate	Pipa Konektor	11	Timbangan 1	Kabel
		Bucket			Roll
		Boot Level			Hydrolic
4	Bucket Elevator	Bucket	12	Coal Mill	Hydrolic
		Boot Level			Balluf
		Rantai			Hydrolic
5	Rotary Feeder	Bearing	13	Clinker Cooler	Balluf
		Impeller			Hammer
		Bearing			Hammer
6	Fan 6	Impeller	14	Crusher 1	Bearing
		Bearing			Hammer
		Impeller			Hammer
7	Fan 1	Bearing	15	Crusher 2	Bearing
		Impeller			Hammer
		Kabel Kontrol			Bearing
8	Kiln	Motor Drive			
		Tyre			
		Superbolt			
		Burner			

Setelah didapatkan komponen-komponen penyebab kegagalan dari sub-unit, maka dapat dihitung TBF dan TTR dari masing-masing komponen sub-unit. Akan tetapi sub unit RKC 3 hanya memiliki 7 sampai 9 data untuk data TBF dan TTR komponen sub-unit. Oleh karena itu, dilakukan analisis variansi (ANOVA) untuk menggabungkan data TBF dan TTR dari RKC 1, RKC 2 dan RKC 3. Asumsi-asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. RKC 1, RKC 2 dan RKC 3 memiliki rangkaian alat yang sama.
2. Alat dan komponen yang dimiliki oleh RKC 1, RKC 2 dan RKC 3 dibeli dari pemasok yang sama.
3. RKC 1, RKC 2 dan RKC 3 memiliki waktu awal operasi yang sama.
4. RKC 1, RKC 2 dan RKC 3 memiliki perlakuan pemeliharaan dan operasional yang sama.

Penggabungan data TBF dan TTR dari RKC 1, RKC 2 dan RKC 3 dilakukan berdasarkan hasil ANOVA. Apabila data TBF dan TTR dari RKC 1, RKC 2 dan RKC 3 dapat dianggap berasal dari populasi yang sama, maka dapat dilakukan penggabungan data sehingga jumlah data yang akan ditentukan distribusi dan parameternya menggunakan perangkat lunak *Weibull* ++6 bisa lebih dari 20 data. Hipotesis dari ANOVA adalah:

$$H_0: \mu_{RKC1} = \mu_{RKC2} = \mu_{RKC3}$$

$H_1$ : Paling sedikit ada satu yang berbeda.

Pada Tabel 4 ditampilkan hasil ANOVA Sub-Unit RKC dari data waktu antar kegagalan dan waktu perbaikan komponen sub-unit dengan tingkat signifikansi 5%.

**Tabel 4 Hasil ANOVA Sub-Unit RKC dari Data Waktu Antar Kegagalan dan Waktu Perbaikan Komponen Sub-Unit dengan Tingkat Signifikansi 5%**

No.	Sub-Unit	Komponen	HASIL ANOVA		Kesimpulan
			P-Value		
			TBF	TTR	
1	Reclaimer	Harrow	0,77	0,92	Gagal menolak $H_0$
		Roll	0,502	0,12	Gagal menolak $H_0$
		Rel Chain	0,24	0,17	Gagal menolak $H_0$
2	Raw Mill	Roll	0,91	0,43	Gagal menolak $H_0$
		Blader	0,74	0,36	Gagal menolak $H_0$
		Support Scaveengine	0,067	0,85	Gagal menolak $H_0$
3	Triple Gate	Pipa Konektor	0,074	0,72	Gagal menolak $H_0$
4	Bucket Elevator	Bucket	0,601	0,84	Gagal menolak $H_0$
		Boot Level	0,18	0,81	Gagal menolak $H_0$
		Rantai	0,89	0,22	Gagal menolak $H_0$
5	Rotary Feeder	Bearing	0,57	0,57	Gagal menolak $H_0$
		Impeller	0,48	0,37	Gagal menolak $H_0$
		Bearing	0,83	0,97	Gagal menolak $H_0$
6	Fan 6	Impeller	0,12	0,39	Gagal menolak $H_0$
		Kabel Kontrol	0,54	0,59	Gagal menolak $H_0$
		Motor Drive	0,79	0,85	Gagal menolak $H_0$
7	Kiln	Tyre	0,37	0,5	Gagal menolak $H_0$
		Superbolt	0,91	0,78	Gagal menolak $H_0$
		Burner	0,96	0,054	Gagal menolak $H_0$
8	Preheater	Cyclone	0,58	0,409	Gagal menolak $H_0$
		Calciner	0,43	0,69	Gagal menolak $H_0$
		V-belt	0,85	0,059	Gagal menolak $H_0$
9	Timbangan 2	Kabel	0,52	0,12	Gagal menolak $H_0$
		V-belt	0,603	0,056	Gagal menolak $H_0$
		Kabel	0,71	0,055	Gagal menolak $H_0$
10	Timbangan 1	Roll	0,56	0,46	Gagal menolak $H_0$
		Hydrolic	0,44	0,34	Gagal menolak $H_0$
		Balluf	0,24	0,053	Gagal menolak $H_0$
11	Clinker Cooler	Hydrolic	0,98	0,57	Gagal menolak $H_0$
		Bullnose	0,14	0,76	Gagal menolak $H_0$
		Hammer	0,055	0,14	Gagal menolak $H_0$
12	Crusher 1	Bearing	0,15	0,87	Gagal menolak $H_0$
		Hammer	0,12	0,84	Gagal menolak $H_0$
		Bearing	0,93	0,96	Gagal menolak $H_0$
13	Crusher 2	Bearing	0,93	0,96	Gagal menolak $H_0$

Sumber: Hasil pengolahan dengan menggunakan perangkat lunak *Minitab*

Hasil ANAVA dari Sub-Unit RKC yang ditunjukkan pada Tabel 4 disimpulkan bahwa dengan tingkat signifikansi 5% Sub-Unit RKC 1, RKC 2 dan RKC 3 dapat dianggap berasal dari populasi yang sama.

Setelah ditambahkan data dari RKC 1, RKC 2 dan RKC 3, jumlah data waktu antar kegagalan dan waktu perbaikan komponen sub-unit menjadi sebanyak 7–24 data. Karena jumlah data masih ada yang kurang dari 20 data, maka dilakukan lagi ANAVA untuk komponen-komponen dari sub-unit. Jika komponen-komponen penyusun sub unit dianggap berasal dari populasi yang sama, maka data dari komponen-komponen sub-unit dapat digabungkan, sehingga jumlah data menjadi lebih dari 20 data untuk satu sub-unit. Hipotesis dari ANAVA adalah:

$H_0$ : Semua rata-rata dari komponen-komponen penyusun sub-unit adalah sama.

$H_1$ : Paling sedikit ada satu rata-rata dari komponen-komponen penyusun sub-unit yang berbeda.

Pada Tabel 5 ditampilkan hasil ANAVA dari data waktu antar kegagalan dan waktu perbaikan dari komponen-komponen sub-unit dengan tingkat signifikansi 5%.

Hasil ANAVA dari komponen-komponen Sub-Unit yang ditunjukkan pada Tabel 5 disimpulkan bahwa dengan tingkat signifikansi 5% komponen-komponen penyusun sub-unit dapat dianggap berasal dari populasi yang sama.

Data TBF dan TTR dari sub-unit masing-masing berjumlah lebih dari 20 data, sehingga dapat ditentukan distribusi kegagalan dan *maintainability* serta parameter keandalan dan *maintainability*. Penentuan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Weibull++6*. Tabel 6 menampilkan parameter keandalan untuk sub-unit.

Tabel 5 ANAVA dari Data Waktu Antar Kegagalan dan Waktu Perbaikan Komponen-komponen Sub-Sub-Unit dengan Tingkat Signifikansi 5%

No.	Sub-Unit	ANAVA		Kesimpulan
		P-Value		
		TBF	TTR	
1	Raw Mill	0,95	0,73	Gagal menolak $H_0$
2	Reclaimer	0,68	0,73	Gagal menolak $H_0$
3	Triple Gate	-	-	Penyebab kegagalannya hanya satu komponen
4	Bucket elevator	0,67	0,88	Gagal menolak $H_0$
5	Rotary Feeder	-	-	Penyebab kegagalannya hanya satu komponen
6	Fan 6	0,49	0,34	Gagal menolak $H_0$
7	Fan 1	0,97	0,73	Gagal menolak $H_0$
8	Kiln	0,63	0,81	Gagal menolak $H_0$
9	Preheater	0,95	0,83	Gagal menolak $H_0$
10	Timbangan 2	0,83	0,95	Gagal menolak $H_0$
11	Timbangan 1	0,88	0,11	Gagal menolak $H_0$
12	Coal Mill	0,73	0,75	Gagal menolak $H_0$
13	Clinker Cooler	0,98	0,45	Gagal menolak $H_0$
14	Crusher 1	0,5	0,406	Gagal menolak $H_0$
15	Crusher 2	0,96	0,91	Gagal menolak $H_0$

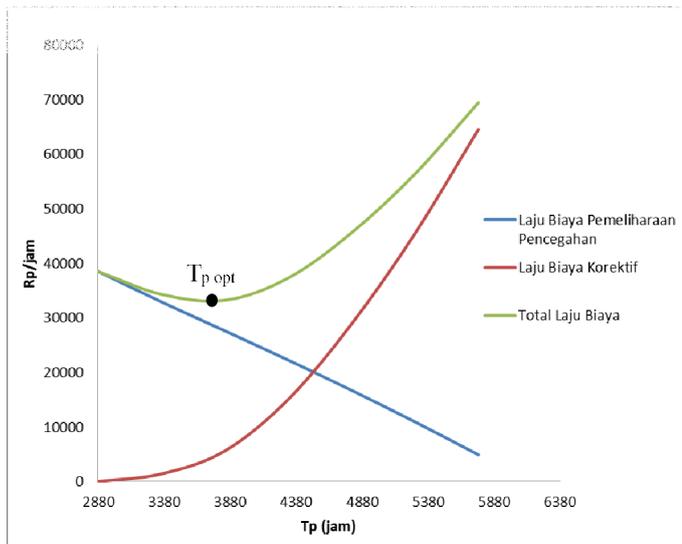
Sumber: Hasil pengolahan dengan menggunakan perangkat lunak *Minitab*

Tabel 6 Parameter Keandalan Sub-Unit

Sub-Unit	MTBF	Distribusi	Beta ( $\beta$ )	Eta ( $\eta$ )	Gamma ( $\gamma$ )
Reclaimer	6587,03	Weibull 3	1,7085	1782,9106	4996,77
Raw Mill	11378,8	Weibull 3	2,1387	4332,05	7542,28
Triple Gate	6352,4	Weibull 3	1,6809	764,512	5669,725
Bucket Elevator	10784,6	Weibull 3	1,633	2793,24	8284,715
Rotary Feeder	11085,4	Weibull 3	1,9704	1341,33	9896,325
Fan 6	11005	Weibull 3	1,5981	3529,49	7840,2
Fan 1	10598,3	Weibull 3	1,8346	4644,16	6471,9
Kiln	6205,92	Weibull 3	1,5701	2300,86	4139,29
Preheater	6106,9	Weibull 3	2,1872	3550,97	2962,12
Timbangan 2	10263,9	Weibull 3	2,035	4936,15	5890,6
Coal Mill	10656,7	Weibull 3	1,4438	1986,48	8854,42
Timbangan 1	11879,5	Weibull 3	1,137	3025,13	8990,72
Clinker Cooler	10245,74	Weibull 3	2,2016	3995,46	6707,25
Crusher 1	10056,17	Weibull 3	2,014	2726,15	7640,48
Crusher 2	10141,26	Weibull 3	1,9078	3034,34	7449,04

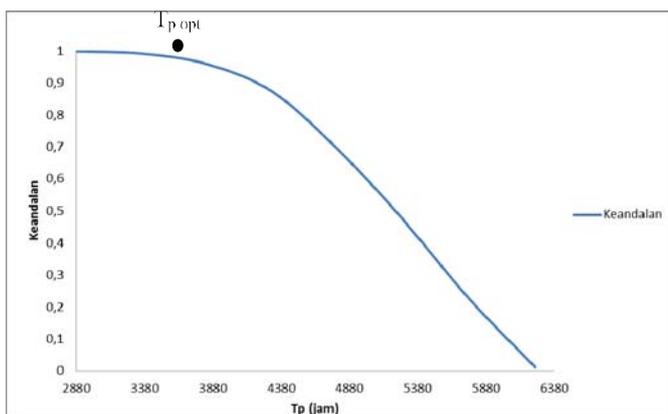
Sumber: Hasil pengolahan data dengan perangkat lunak *Weibull++6*

Iterasi  $T_i$  dan  $T_p$  menghasilkan  $T_p$  optimum yang memiliki laju biaya pemeliharaan minimum, serta keandalan dan ketersediaan yang memenuhi persyaratan perusahaan untuk sub unit RKC 3. Gambar 7 sampai Gambar 8 menunjukkan pengaruh  $T_p$  terhadap laju biaya pemeliharaan dan keandalan untuk sub unit RKC 3.



Gambar 7 Pengaruh  $T_p$  terhadap Laju Biaya Pemeliharaan

Gambar 7 menunjukkan bahwa  $T_p$  optimum adalah sebesar 3743,28 jam dengan laju biaya pemeliharaan pencegahan sebesar Rp 33.100 per jam. Rata-rata laju biaya pemeliharaan sebelum dioptimasi adalah sebesar Rp 57.074 per jam, sehingga terjadi penurunan laju biaya pemeliharaan adalah sebesar 42%.



Gambar 8 Pengaruh  $T_p$  terhadap Keandalan

Gambar 8 menunjukkan bahwa keandalan sub unit RKC 3 pada  $T_p$  optimum (3743,28 jam) sebesar 0,967 (96,7%). Hasil ini lebih besar daripada nilai dipersyaratkan, yaitu 95%. Kean-

dalan sub-unit meningkat sebesar 1,7% dari keandalan sub unit yang dipersyaratkan.

## KESIMPULAN

Dari hasil iterasi  $T_i$  dan  $T_p$ , didapatkan  $T_p$  optimum pada Sub-Unit RKC 3 adalah sebesar 3743,28 jam (155,97 hari), dengan laju biaya pemeliharaan pencegahan sebesar Rp33.100 per jam. Keandalan dan ketersediaan dari Sub-Unit RKC 3 adalah sebesar 96,7% dan 99,86%.

## REFERENSI

- Annual Report PT Semen Indonesia Tbk-Gresik, Tahun 2015.
- Duda, W.H., 1985. *Cement Data Book*. Bou-verlag GMBH. Wiesbadenund. Berlin.
- Ebeling, C.E. 1997. *Reliability and Maintainability Engineering*, International Edition. New York: McGraw-Hill.
- Giani, M. 2006. *A Cost-based Optimization of Fiberboard Pressing Plant Using Monte Carlo Simulation (a reliability program)*, Queensland University of Technology, Australia, diunduh 1 Oktober 2010.
- Jardine, A.K.S. 1970. *Operational Research in Maintenance*. Manchester University Press ND.
- Laggoune, R., Chateaneuf, A., and Aissani, D. 2009. "Opportunistic Policy for Optimal Preventive Maintenance of Multi-Component System in Continues Operating Units." *Computer and Chemical Engineering*, Vol. 33, hal. 1499–1510.
- Nguyen, D.Q., Brammer, C., and Bagajewicz, M. 2008. "New Tool for the Evaluation of the Scheduling of Preventive Maintenance for Chemical Process Plants," *Ind.*

*Eng. Chem. Res.*, Vol. 49, hal. 1910–1924.

Sutanto E. 2011. *Optimalisasi Interval Waktu Penggantian Komponen mesin Packer Tepung Terigu Kemasan 25 kg di PT X*, Tesis tidak dipublikasikan. Surabaya: Pro-

gram Studi Magister Manajemen Teknologi ITS.

Tsang, H.C. dan Jardine, A.K. 2005. *Maintenance, Replacement and Reliability*. New York: CRC Press, CoRp.