

MERANCANG SISTEM PERAWATAN ALAT LABORATORIUM KIMIA DAN BIOLOGI di PT.CGN BERBASIS METODE RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

Darajat Ismayadi¹, Toto²
Sekolah Tinggi Teknologi Bandung
Jl. Soekarno Hatta No. 378 Bandung
darajat@sttbandung¹, toto@sttbandung²

Abstrak

PT. Central Georgette Nusantara merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur tekstil, memiliki Laboratorium Kimia dan Biologi yang melakukan pengecekan kualitas bahan baku dan produk jadi. Hasil *output* nya yaitu laporan data hasil pengujian sampel yang akan diberikan hasilnya kepada setiap pabrik setelah pengujian sampel selesai. Alatnya sering terjadi kerusakan yang menyebabkan rendahnya keandalan alat. Ini mengakibatkan laporan data hasil pengujian sampel mengalami keterlambatan sehingga pihak pabrik harus menunggu terlebih dahulu laporan data hasil pengujian sampelnya sebelum melakukan tindakan lanjut terhadap proses dan hasil produksi di pabrik. Dari data tahun 2007-2016, dilakukan penelitian terhadap waktu kerusakan alat dari 25 alat terdapat 10 alat kritis. Sehingga perlu dilakukan tindakan perancangan sistem perawatan alat dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Model RCM yang digunakan adalah identifikasi *Maintenance Significant Item* (MSI) alat laboratorium untuk menentukan subsistem alat terkait, melakukan penaksiran tugas *Preventive Maintenance* dengan analisis subsistem pada tools FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) hasil analisis FMEA tersebut untuk menentukan komponen kritis pada alat laboratorium sehingga dilakukan penggantian pencegahan menggunakan metode *Block Replacement*, penaksiran interval *Preventive Maintenance* (PM) sesuai pencocokan distribusi probabilitasnya dan pembuatan penugasan *Preventive Maintenance* (PM). Dari 10 alat tersebut didapatkan hasil perancangan sistem perawatan alat laboratorium.

Kata Kunci : Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Minimization Downtime*.

Abstract

PT. Central Georgette Nusantara is a company engaged in textile manufacturing, has a Chemical and Biology Laboratory that checks the quality of raw materials and finished products. The output results are reports of sample test results that will be given results to each factory after sample testing is complete. The equipment often has damage that causes low reliability of the tool. This results in a delay in the report data from the sample testing so that the factory must wait for the results of the sample test data beforehand before taking further action on the process and production results at the factory. From the data from 2007-2016, a study was conducted on the damage time of the tools from 25 tools, there were 10 critical tools. So it is necessary to do a maintenance system design action with the *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method. The RCM model used is the identification of a *Significant Maintenance Item* (MSI) laboratory instrument to determine the related device subsystem, assess *Preventive Maintenance* tasks with subsystem analysis on FMEA tools (*Failure Mode and Effect Analysis*) as a result of FMEA analysis to determine critical components in laboratory equipment so that preventive replacement is carried out using the *Block Replacement* method, estimating the *Preventive Maintenance* (PM) interval according to matching the probability distribution and making *Preventive Maintenance* (PM) assignments. Of the 10 tools obtained from the design of laboratory equipment maintenance systems.

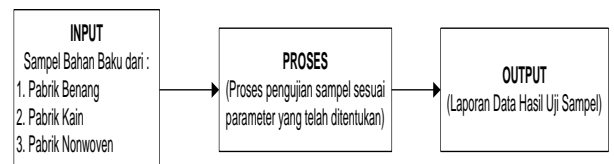
Keywords: *Reliability Centered Maintenance Method* (RCM), *Minimization Downtime*.

I. PENDAHULUAN

PT. Central Georgette Nusantara merupakan perusahaan yang bergerak di bidang textile yang memiliki Laboratorium Kimia dan Biologi untuk melakukan pemeriksaan bahan baku dan barang jadi pada ketiga anak perusahaan tersebut. Fungsi Laboratorium Kimia dan Biologi yaitu untuk melakukan pengendalian kualitas pada bahan baku sebelum dilakukan proses produksi dan barang jadi pada ketiga anak perusahaan tersebut agar dapat dilakukan pencegahan terhadap produk cacat yang akan mengakibatkan kerugian bagi ketiga anak perusahaan PT. Central Georgette Nusantara.

Input Laboratorium Kimia dan Biologi adalah semua sampel bahan baku yang ada di ketiga anak perusahaan yang akan digunakan pada proses produksi dilakukan pengujian dengan uji parameter yang telah ditentukan oleh masing-masing pabrik, setelah itu dilakukan pengujian sampel di

Laboratorium Kimia dan Biologi. Gambaran *input*, proses dan *output* pada Laboratorium Kimia dan Biologi dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut ini :



Gambar 1 *Input-Output* di Laboratorium Kimia dan Biologi

Pentingnya peran Laboratorium Kimia dan Biologi di PT. Central Georgette Nusantara untuk kelangsungan kebutuhan seluruh pabrik, sehingga di harapkan semua sarana dan prasarana di Laboratorium Kimia dan Biologi dapat terjaga

performanya dari kerusakan alat agar bisa digunakan. Pada kenyataannya peralatan Laboratorium Kimia dan Biologi terjadi kerusakan yang menyebabkan pengujian sampel dari ketiga pabrik tidak bisa dilakukan atau pengujian *delay*, implikasinya menghambat produksi di ketiga anak perusahaan karena proses produksi harus menunggu terlebih dahulu laporan data hasil pengujian sampel bahan baku di Laboratorium Kimia dan Biologi.

Laboratorium Kimia dan Biologi memiliki presentase kerusakan performa dan keandalan yang berbeda. Kerusakan pada alat Laboratorium Kimia dan Biologi menyebabkan *downtime* sehingga analis harus menunggu terlebih dahulu hingga alat bisa digunakan kembali, jika alat rusak maka proses pengujian sampel tertunda sehingga proses pengujian sampel akan semakin lama.

Sistem perawatan yang dilakukan adalah *corrective maintenance* yaitu dilakukan perbaikan setelah terjadi kerusakan karena tidak ada jadwal perawatan sebelumnya, kelemahan dari sistem ini adalah perbaikan pada alat akan dilakukan setelah terjadinya kerusakan sehingga mengakibatkan *downtime* pada pelaksanaan proses pengujian sampel bahan baku dan produk jadi.

Penelitian di khususkan pada alat yang dilakukan perbaikan oleh pihak *maintenance* yaitu terdapat 16 alat. Untuk memenuhi persyaratan alat yang dilakukan penelitian terdapat 10 alat dilihat dari jumlah interval kerusakan alat.

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat rumuskan masalahnya adalah perlu dibuat usulan perancangan sistem perawatan pencegahan di Laboratorium Kimia dan Biologi untuk mencegah terjadinya kerusakan, menjaga fungsi sistem serta meningkatkan keandalan dan dapat meminimasi *downtime* pada seluruh parameter uji sampel dengan menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perawatan

Perawatan adalah sebuah operasi atau aktivitas yang harus dilakukan secara berkala dengan tujuan untuk melakukan pergantian kerusakan peralatan dengan *resources* yang ada. Perawatan juga ditujukan untuk mengembalikan suatu sistem pada kondisinya agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, memperpanjang usia kegunaan mesin, dan menekan *failure* sekecil mungkin.

Manajemen perawatan dapat digunakan untuk membuat sebuah kebijakan mengenai aktivitas perawatan, dengan melibatkan aspek teknis dan pengendalian manajemen ke dalam sebuah program perawatan. Pada umumnya, semakin tingginya aktivitas perbaikan dalam sebuah sistem, kebutuhan akan manajemen dan pengendalian di perawatan menjadi semakin penting. Berikut adalah sembilan pendekatan untuk membuat sebuah program perawatan yang efektif:

1. Mengidentifikasi kekurangan eksisting.
2. Membuat tujuan akhir dari program.

3. Menetapkan skala prioritas.
4. Menetapkan parameter untuk pengukuran performansi.
5. Menetapkan rencana jangka pendek dan jangka panjang.
6. Sosialisasi perencanaan terhadap bagian-bagian yang terkait.
7. Implementasi perencanaan.
8. Laporan berkala.
9. Pemeriksaan kemajuan secara rutin.

(sumber : Gross, John. M. 2002. *Fundamental of Preventive Maintenance*. Hal: 5-8)

B. Jenis Perawatan

Terdapat dua tipe tindakan utama pada perawatan, yaitu :

a. Preventive Maintenance (Perawatan Pencegahan)

Perawatan pencegahan dilakukan guna memperpanjang umur sistem atau memperpanjang umur sistem ataupun meningkatkan kehandalan dari sistem tersebut. Tindakan perawatan ini bervariasi mulai dari perawatan ringan yang membutuhkan durasi kegagalan pendek seperti hal pelumasan, testing, penggantian terencana terhadap komponen dan sebagainya sampai pada *overhaul* yang memerlukan waktu durasi kegagalan yang signifikan. Tindakan perbaikan pencegahan biasanya sudah direncanakan dan terjadwal.

b. Corrective Maintenance (Perawatan Perbaikan)

Perawatan yang terdiri dari tindakan mengembalikan kondisi sistem atau produk yang rusak atau gagal beroperasi kembali ke kondisi beroperasi. Tindakannya biasanya berupa perbaikan dari komponen rusak ataupun penggantian komponen rusak. Perawatan perbaikan biasanya dilakukan apabila terjadi kegagalan yang tiba-tiba dan biasanya tidak direncanakan

III. METODOLOGI

Dhillon (2002) menyebutkan bahwa *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya. RCM berfokus pada *preventive maintenance* terhadap kegagalan yang sering terjadi. RCM mirip dengan *Total Productive Maintenance* (TPM), dimana keterlibatan cara dalam melakukan perawatan alat atau mesin.

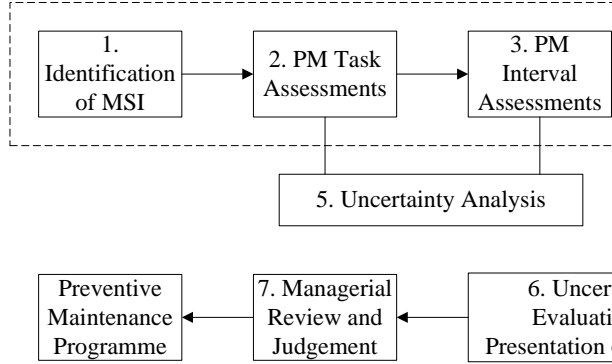
Reliability Centered Maintenance

J.T. Selvik (2011) menjelaskan metodologi RCM menjadi tiga fase yaitu :

- a. Mengidentifikasi *Maintenance Significant Item* (MSI) atau bisa disebut juga komponen yang kritis untuk di *maintenance*.
- b. Membuat penugasan yang sesuai dengan pekerjaan PM yang sesuai MSI.

c. Mengimplementasikan dan memperbaharui pekerjaan PM.

Dalam tulisannya J.T. Selvik (2011) menjelaskan ketiga fase tersebut dalam bagan *Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM)*.



Gambar 2 RRCM Framework

Sumber : A Framework for reliability and risk centered maintenance, J.T. Selvik dan T.Aven, 2011

Kontak 1 sampai dengan 4 memenuhi fase pertama (a) dan kedua (b) dalam metodologi RCM dengan mengaplikasikan *PM task assessment* dan *PM interval assessment*. Langkah selanjutnya mencakup fase terakhir (c) dengan mengevaluasi ketidak pastian yang terjadi dan dikomunikasikan ke pihak manajemen untuk ditindak lanjuti untuk membuat program PM.

Failure Mode and effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen komponen dan menganalisis pengaruh-pengaruhnya terhadap keandalan sistem tersebut. Dengan penelusuran pengaruh- pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level sistem, item-item khusus yang kritis dapat dinilai dan tindakan-tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari mode- mode kegagalan yang kritis.

Dalam FMEA, dapat dilakukan perhitungan RPN untuk menentukan tingkat kegagalan tertinggi. *Risk Priority Number (RPN)* merupakan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *Severity* (Keparahan), *Occurrence* (Frekuensi Kejadian), *Detection* (Deteksi Kegagalan) yang menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan. Adapun variabel dari RPN adalah *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*

Model Penentuan Interval Waktu Penggantian Pencegahan Optimal

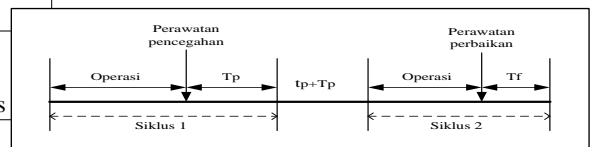
Age Replacement

Model *age replacement* mempunyai dua siklus penggantian pencegahan, yaitu :

a. Siklus 1 atau siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan, ditentukan melalui komponen yang telah mencapai umur penggantian sesuai dengan rencana.

b. Siklus 2 atau siklus kerusakan yang diakhiri dengan kegiatan kerusakan, ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum mencapai waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya.

Kedua siklus dari model *age replacement* tersebut dapat terlihat jelas pada gambar berikut ini :



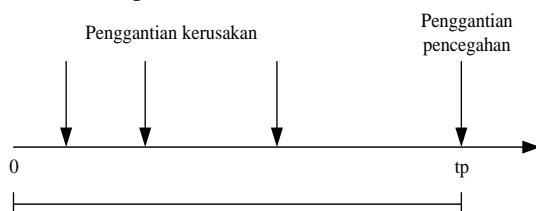
Gambar 3 Model Age Replacement

Dimana :

- T_p = Waktu yang diperlukan untuk melakukan penggantian pencegahan
- T_f = Waktu yang diperlukan untuk melakukan penggantian kerusakan
- t_p = Interval waktu perawatan pencegahan
- $F(.)$ = Fungsi distribusi interval antar kerusakan yang terjadi
- $R(t_p)$ = Probabilitas terjadinya penggantian pencegahan pada saat t_p
- $M(t_p)$ = Waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan pada t_p
- $D(t_p)$ = Downtime persatuan waktu

Block Replacement

Model *interval replacement* ini dimana penggantian komponen dilakukan pada interval waktu yang tetap (konstan) tanpa memperhatikan umur pakai dari komponen tersebut. Dalam model ini tindakan penggantian dilakukan pada suatu interval yang tetap, jadi model ini digunakan jika diinginkan adanya konsistensi terhadap interval penggantian yang telah ditentukan walaupun sebelumnya telah terjadi penggantian akibat kerusakan pada model ini sekalipun ongkosnya lebih tinggi tetapi cocok untuk sistem multi komponen lain.



Gambar 4 Model Block Replacement

Pada model *block replacement* penggantian komponen selalu dilakukan pada interval waktu yang tetap

(t_p) tanpa memperhatikan umur pakai dari komponen tersebut. Strategi model ini adalah melakukan penggantian kerusakan yang terjadi dalam interval $(0, t_p)$ dengan mengabaikan frekuensi penggantian pencegahan setiap selang waktu t_p sekali secara konstan dengan mengabaikan umur komponen, sehingga pada model ini akan terdapat kemungkinan terjadinya penggantian komponen yang masih baru dipasang. Setelah penggantian kerusakan harus mengalami penggantian lagi pada saat tiba waktu penggantian pencegahan yang dilakukan dalam kurun waktu yang relatif berdekatan.

Jumlah *downtime* total per satuan waktu untuk penggantian pencegahan pada waktu t_p atau $D(t_p)$ adalah:

Downtime Karena Kerusakan + *Downtime* Karena Penggantian Pencegahan
Panjang Siklus

Downtime karena kerusakan = Jumlah kerusakan dalam interval $(0, t_p) \times$ Waktu yang

dibutuhkan untuk penggantian kerusakan.

$$= H(t_p) \times T_f$$

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan = T_p

$$D(t_p) = \frac{H(t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p} \quad (2.28)$$

Dimana:

T_p = Waktu yang diperlukan untuk melakukan penggantian pencegahan

T_f = Waktu yang diperlukan untuk melakukan penggantian kerusakan

t_p = Interval waktu perawatan pencegahan

$D(t_p)$ = *Downtime* persatuan waktu

$H(t_p)$ = Jumlah kerusakan dalam interval

$(0, t_p)$

IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Alat Laboratorium Kimia dan Biologi berjumlah 25 alat diambil 10 alat dengan *Downtime* terbanyak. 10 alat tersebut dilakukan penelitian untuk membuat jadwal inspeksi dengan mengetahui fungsi keandalan dan fungsi laju kerusakan pada alat, mengetahui ekspektasi *downtime* pada alat tersebut dan menentukan komponen kritis yang ada pada masing-masing alat dilihat dari jumlah interval penggantian komponen. Peran alat laboratorium satu dengan yang lainnya saling berkaitan apabila salah satu alat rusak, maka alat yang lain tidak bisa digunakan untuk proses pengujian sampel berikutnya. Maka untuk mengoptimalkan dalam pengujian sampel dilakukan penelitian pada 10 alat, agar dapat meminimasi *downtime* dan meningkatkan panjang waktu keandalan alat laboratorium.

A. Penentuan Alat dan Komponen Kritis

Dalam penentuan alat kritis, peneliti menggunakan data frekuensi kerusakan alat selama 10 tahun. Setelah didapatkan alat yang menjadi objek penelitian, selanjutnya peneliti melakukan penentuan komponen kritis, penentuan komponen kritis menggunakan data kerusakan alat dalam periode 10 tahun. Data untuk komponen kritis didapatkan dari subsistem dengan nilai RPN tertinggi pada masing-masing alat. Seperti yang dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Dalam penelitian ini, penentuan jadwal penggantian pencegahan menggunakan model *Block Replacement*. Model ini dipilih karena penggantian komponen selalu dilakukan pada interval waktu yang tetap (t_p) tanpa memperhatikan umur pakai dari komponen tersebut. Frekuensi penggantian komponen yang disebabkan oleh kerusakan selama interval (t_p) tidak diperhatikan sama sekali, yang menjadi perhatian adalah pencegahan setiap interval waktu (t_p) yang telah ditetapkan.

Tabel I Data Rekapitulasi Komponen Kritis di Subsistem

Model ini dapat menjamin dalam sistem akan diganti sebelum masa potensial kritis rusaknya MTTF. Model ini lebih sederhana karena penentuan waktu perawatan hanya dilakukan satu kali saja dan tetap. Dimana peneliti menggunakan model ini kriteria *minimasi downtime*.

Perhitungan jadwal waktu penggantian pencegahan pada penelitian ini dilakukan dengan memilih waktu penggantian yang memberikan *downtime* per satuan waktu $D(t_p)$ terkecil. *Downtime* tersebut dilihat berdasarkan *downtime* yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan

No	Nama Alat	Jumlah Subsistem Tertinggi	Komponen	Jumlah Interval Kerusakan
1.	Shaking Water Baths BT-47	Motor	Bearing	1
			Kapasitor	1
2.	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A	Motor Fan	Bearing 6201-2Z/C3	6
3.	Dry Running Prohibited	Motor	Carbon Brush	4
			Bearing	3
4.	Hot Plate	Mesin	Kabel Power	0
			Kabel Lilitan	0
5.	Hot Plate Oil Pick Up (OPU)	Heater	Fuse 6A	2
			Heater	0
6.	Coolnics Circulator Oli	Mesin	MCB	0
			Steker	0
			Relay MY4	0
7.	Vacuum Drying Oven DP-32	Mesin	MCB	0
			Oli	0
8.	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4B	Motor Fan	Thermal	0
9.	Uni Thermo Bath, Viscosity BR-61	Motor	Bearing	1
10.	Analytical Balance BP-160P	Display	Soket 8 Pin	0

penggantian pencegahan (Tp) dan perawatan penggantian perbaikan (Tf). Untuk hasil penentuan interval penggantian komponen dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel II Hasil Penentuan Interval Penggantian Komponen Alat Laboratorium

Nama Alat	Nama Komponen	tp	θ	β	H(tp)	Tp	Tf	D(tp)
SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A	Bearing 6201-2Z/C3	426	612,16	3,155	0,318587	2,83	4,08	0,00963
Dry Running Prohibited	Carbon Brush	476	704,86	5,162	0,131795	0,83	1,58	0,002177

Dari tabel diatas diketahui, bahwa penggantian pencegahan komponen yang optimal dengan kriteria minimasi downtime dilakukan untuk komponen Bearing 6201-2Z/C3 adalah 426 hari dan Komponen Carbon Brush adalah 476 hari.

B. Jadwal Pemeriksaan Pencegahan Alat laboratorium

Peneliti melakukan pengujian kecocokan distribusi Weibull dua parameter menggunakan uji Mann's Test untuk alat laboratorium. Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa hipotesis diterima, yaitu pola kerusakan alat laboratorium adalah berdistribusi Weibull karena besarnya $M_{hitung} < F_{tabel}$. Hasil rekapitulasi pengujian distribusi dan penaksiran parameter alat laboratorium dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel III Rekapitulasi Hasil Pengujian Distribusi dan Penaksiran Parameter Alat Laboratorium

No	Nama Alat	Pola Distribusi	M(hitung g)	F(tabel)	θ	β
1	Shaking Water Baths BT-47	Weibull	1	2,16	198,14	1,839
2	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A	Weibull	1,18	2,25	208,3	1,858
3	Dry Running Prohibited	Weibull	0,42	2,98	309,51	1,003
4	Hot Plate	Weibull	1,95	3,44	315,77	1,208
5	Hot plate Oil Pick Up (OPU)	Weibull	0,6	3,58	455,32	1,026
6	Coolnics Circulator Oli	Weibull	0,87	4,28	358,88	1,048
7	Vacuum Drying Oven DP-32	Weibull	0,74	4,28	565,1	1,124
8	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4B	Weibull	0,77	4,53	557,24	1,755
9	Uni thermo Bath, Viscosity BR-61	Weibull	1,67	4,53	631,44	1,537

10	Analytical Balance BP-160P	Weibull	0,5	4,53	606,07	1,141
----	----------------------------	---------	-----	------	--------	-------

Berdasarkan data diatas, pada ke 10 alat laboratorium nilai β dari penaksiran distribusi alat semua berada di antara 1 dan 2 ($1 < \beta < 2$) yang berarti menunjukkan bahwa laju kerusakan meningkat dan kurva berbentuk konkaf (cekung), hal ini menunjukkan bahwa laju kerusakan yang terjadi pada 10 alat laboratorium terus-menerus meningkat sesuai dengan bertambahnya waktu.

C. Penentuan Frekuensi Pemeriksaan

Dalam menentukan frekuensi pemeriksaan, peneliti menghitung menggunakan model rumus Reliability Under Preventive Maintenance (Ebeling, 1997). Model keandalan ini mengasumsikan bahwa sistem dikembalikan ke kondisi aslinya setelah pemeriksaan preventif. Dimana R(t) menjadi keandalan sistem tanpa perawatan, T menjadi interval waktu antara pemeliharaan preventif, dan Rm(t) menjadi keandalan sistem dengan pemeliharaan preventif.

Tabel IV Rekapitulasi Hasil Perhitungan Frekuensi Pemeriksaan Alat Laboratorium

No	Nama alat	R(t)	t Tanpa Pemeriksaan Pencegahan	β	θ	T (Rencana Pemeriksaan)	n (Kali/365hari)	Rm(t)	t Usulan
1	Shaking Water Baths BT-47	0,99	1 hari	1,839	198,14	365 Hari	1,19	0,99	434,35 hari
2	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A	0,99	1 hari	1,858	208,3	365 Hari	1,29	0,99	470,85 hari
3	Dry Running Prohibited	0,99	1 hari	1,003	309,51	365 Hari	3,09	0,99	1127,85 hari
4	Hot Plate	0,99	1 hari	1,208	315,77	365 Hari	3,06	0,99	1116,90 hari
5	Hot Plate OPU	0,99	1 hari	1,026	455,32	365 Hari	4,58	0,99	1671,70 hari
6	Coolnics Circulator Oli	0,99	1 hari	1,048	358,88	365 Hari	3,59	0,99	1310,35 hari
7	Vacuum Drying Oven DP-32	0,99	1 hari	1,124	565,1	365 Hari	5,97	0,99	2179,05 hari
8	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4B	0,99	1 hari	1,755	557,24	365 Hari	7,67	0,99	2799,55 hari
9	Uni Thermo Baths, Viscosity BR-61	0,99	1 hari	1,537	631,44	365 Hari	8,48	0,99	3095,20 Hari
10	Analytical Balance BP-160P	0,99	1 hari	1,141	606,07	365 Hari	6,51	0,99	2376,15 hari

D. Perhitungan Ekspektasi Downtime

Dalam penentuan frekuensi pemeriksaan sebelumnya, didapatkan nilai n untuk memperoleh ekspektasi *downtime* yang terjadi pada saat dilakukan pemeriksaan pencegahan. Peneliti menggunakan perhitungan *optimal inspection frequency (minimization downtime)*. (Jardine, 1973)

Dapat dilihat pada tabel rekapitulasi hasil perhitungan ekspektasi *Downtime* dibawah ini.

Tabel V Rekapitulasi Hasil Perhitungan Ekspektasi *Downtime* Alat Laboratorium

No	Nama alat	n (kali/365hari)	k	μ (hari)	i (hari)	D(n) (hari)
1	Shaking Water baths BT-47	1,19	0,0073	1,37	0,04	3,076
2	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A	1,29	0,0063	0,17	0,06	0,303
3	Dry Running Prohibited	3,09	0,0042	0,63	0,03	0,312
4	Hot Plate	3,06	0,0035	0,96	0,03	0,401
5	Hot Plate OPU	4,58	0,0031	0,35	0,04	0,087
6	Coolnics Circulator Oli	3,59	0,0028	0,17	0,05	0,049
7	Vacuum Drying Oven DP-32	5,97	0,0028	0,18	0,06	0,032
8	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4B	7,67	0,0024	0,09	0,06	0,013
9	Uni Thermo Baths, Viscosity BR-61	8,48	0,0024	0,12	0,06	0,016
10	Analytical Balance BP-160P	6,51	0,0024	0,18	0,02	0,025

Berdasarkan perhitungan tabel diatas didapatkan bahwa dengan melakukan pemeriksaan (n), maka ekspektasi *downtime* yang terjadi dilihat pada D(n).

E. Ekspektasi Downtime Dari Jadwal Pemeriksaan Saat ini

Tabel VI Rekapitulasi Hasil Perhitungan Jadwal Pemeriksaan Alat Laboratorium

No	Nama Alat	D(n) Saat Ini	D(n) Usulan
1	Shaking Water baths BT-47	3,650 hari	3,076 hari
2	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A	0,391 hari	0,303 hari
3	Dry Running Prohibited	0,966 hari	0,312 hari
4	Hot Plate	1,226 hari	0,401 hari
5	Hot Plate OPU	0,396 hari	0,087 hari
6	Coolnics Circulator Oli	0,174 hari	0,049 hari
7	Vacuum Drying Oven DP-32	0,184 hari	0,032 hari
8	SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4B	0,092 hari	0,013 hari
9	Uni Thermo Baths, Viscosity BR-61	0,123 hari	0,016 hari
10	Analytical Balance BP-160P	0,184 hari	0,025 hari

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil ekspektasi *downtime* dari jadwal pemeriksaan usulan lebih kecil jika dibandingkan dengan jadwal pemeriksaan saat ini. *Downtime* tersebut diakibatkan antara 2 penyebab yaitu waktu

dilakukannya perbaikan alat oleh pihak *maintenance* dengan jangka waktu yang lama atau pihak *maintenance* menunggu komponen yang dibutuhkannya datang (proses pemesanan komponen).

F. Analisis Pembuatan Penugasan Preventive Maintenance (PM)

Dalam menentukan *item check* subsistem menggunakan acuan dari hasil analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) serta melakukan wawancara kepada pihak *maintenance*, bagian mana saja yang menjadi pertimbangan untuk dilakukan pemeriksaan. Dilihat dari kesulitan dan kemampuan dalam melakukan pemeriksaan, maka selanjutnya peneliti menyusunnya ke dalam pembuatan penugasan *preventive maintenance* (PM).

V. KESIMPULAN

Simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah rencana pemeriksaan $T=365$ hari untuk 10 alat laboratorium dengan $Rm(t)=0,99$ dan untuk frekuensi dilakukannya perawatan per satuan waktu (n) yaitu :

1. *Shaking Water Baths BT-47* adalah 1,19 kali/365 hari. Panjang waktu keandalan adalah 434,35 hari.
2. *SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A* adalah 1,29 kali/365 hari dengan panjang waktu keandalan adalah 470,85 hari dan untuk interval waktu perawatan penggantian pencegahan komponen Bearing 6201-2Z/C3 yang optimal berdasarkan model *Block Replacement* dengan kriteria *minimization downtime* adalah 426 hari dan *downtime* per satuan waktu sebesar 0,00963.
3. *Dry Running Prohibited* adalah 3,09 kali/365 hari dengan Panjang waktu keandalan adalah 1127,85 hari dan untuk interval waktu perawatan pencegahan komponen Carbon Brush berdasarkan model *Block Replacement* dengan kriteria *minimization downtime* adalah 476 hari dan *downtime* per satuan waktu sebesar 0,002177.
4. *Hot Plate* adalah 3,06 kali/365 hari. Panjang waktu keandalan adalah 1116,90 hari.
5. *Hot Plate Oil Pick Up (OPU)* adalah 4,58 kali/365 hari. Panjang waktu keandalan adalah 1671,70 hari.
6. *Coolnics Circulator CTE-42A Oli* adalah 3,59kali/365 hari. Panjang waktu keandalan adalah 1310,35 hari.
7. *Vacuum Drying Oven DP-32* adalah 5,97 kali/365 hari. Panjang waktu keandalan adalah 2179,05 hari.
8. *SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4B* adalah 7,67 kali/365 hari. Panjang waktu keandalan adalah 2799,55 hari.
9. *Uni Thermo Bath Viscosity BR-61* adalah 8,48 kali/365 hari. Panjang waktu keandalan adalah 3095,20 hari.
10. *Analytical Balance BP-160P* adalah 6,51 kali/365 hari.

Panjang waktu keandalan adalah 2376,15 hari.

Dalam menentukan ekspektasi *downtime* dapat dilihat perbandingan antara jadwal pemeriksaan saat ini dan usulan sebagai berikut :

Shaking Water Baths BT-47 yaitu :*Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 3,650 hari~3 hari 15,6 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 3,076 hari~3 hari 1,82 jam

SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4A yaitu: *Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 0,391 hari~9,38 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,303 hari~7,27 jam

Dry Running Prohibited yaitu :*Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 0,966 hari~23,18 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,312 hari~7,49 jam

Hot Plate yaitu :*Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 1,226 hari~1 hari 5,42 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,401 hari~9,62 jam

Hot Plate Oil Pick Up (OPU) yaitu :*Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 0,396 hari~9,5 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,087 hari~2,09 jam

Coolnics Circulator CTE-42A Oli yaitu : *Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 0,174 hari~4,18 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,049 hari~1,18 jam

Vacuum Drying Oven DP-32 yaitu : *Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini :0,184 hari~4,42 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,032 hari~0,77 jam

SATAKE'S Horizontal Circulation Thermo Dryer 41-S4B yaitu:*Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 0,092 hari~2,21 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,013 hari~0,31 jam

Uni Thermo Bath Viscosity BR-61 yaitu :*Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 0,123 hari~2,95 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,016 hari~0,38 jam

Analytical Balance BP-160P yaitu : *Downtime* jadwal pemeriksaan saat ini : 0,184 hari~4,42 jam *Downtime* jadwal pemeriksaan usulan : 0,025 hari~0,6 jam

VI. REFERENSI

- [1]. Aditya Pratama, Kriesna. *Penerapan Total Productive Maintenance Berdasarkan Planes Maintenance di Workshop Pemesinan Balai Besar Logam dan Mesin*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Jenderal Achmad Yani. Bandung (2017).
- [2]. Agung Kurniawan, Yefri. *Penentuan Interval Waktu Pemeriksaan Pencegahan dan Penggantian Pencegahan Yang Optimal Dengan Kriteria Minimasi Downtime Terhadap Display Pada Mesin Waldrich Siegen Di PT.PINDAD*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Jenderal Achmad Yani. Bandung. (2003).
- [3]. Astuti Widyarningsih, Sri. *Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Indonesia. Depok. (2011)
- [4]. Darmawan, Sandy. *Perencanaan Sistem Perawatan Komponen Kritis Bus Mercedes Benz Di Perum Damri Dengan Metode Block Replacement*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Jenderal Achmad Yani. Bandung. (2004).
- [5]. Dhillon, B.S. *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. USA: CRC Press LLC. (2002).
- [6]. Ebeling, Charles. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. McGraw-Hill Companies. Inc. Singapore. (1997).
- [7]. Jardine, A.K.S. *Maintenance, Replacement And Reliability*. Pitman Publishing. London. (1973).
- [8]. Murthy, D.N. Prabhakar. *Weibull Models*, John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. (2003)
- [9]. Selvik, J.T. dan T. Aven, *A Framework For Reliability and Risk Centered Maintenance*, Reliability Engineering and System Safety, 96, 324-331. (2011).
- [10]. Siswanto, Yansen, *Perancangan Preventive Maintenance berdasarkan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada PT. Sinar Sosro*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatera Utara. Medan. . (2010),