

Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Filling Bag Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT.SHGM

Muh. Abdul Rosyid, Masrul Indrayana*

Universitas Widya Mataram Yogyakarta; email: abdulrosyid@widyamataram.ac.id,
masrul_indrayana@widyamataram.ac.id

* Corresponding author

Abstrak

Reliability centered maintenance (RCM) merupakan metode analisis pemeliharaan yang digunakan untuk memperbaiki sistem pemeliharaan yang berfokus untuk meningkatkan keandalan mesin. Permasalahan yang terjadi pada mesin filling bag 25 kg PT.SHGM adalah seringnya terjadi kegagalan mesin yang menyebabkan mesin berhenti saat produksi. Data Time Between Failure (TBF) dicari bentuk distribusi probabilitasnya kemudian dihitung tingkat keandalan komponen sebelum dan sesudah penerapan penjadwalan preventive maintenance. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kerusakan Mesin Filling Bag 25 kg paling sering terjadi pada bagian Sub Sistem Remover Section yang terdiri dari komponen Bearing, Seal, Gripper dan Piston. Jadwal penggantian masing-masing komponen Remover Section yaitu komponen bearing dilakukan pada jam pemakaian ke 2.000, komponen seal pada jam pemakaian ke 1.500, komponen gripper pada jam pemakaian ke 1.000 dan komponen piston pada pemakaian jam ke 2.000.

Kata Kunci: Penjadwalan Pemeliharaan Mesin, Mesin Filling Bag, Reliability Centered Maintenance

Abstract

[Scheduling Maintenance of Bag Filling Machines Using the Reliability Centered Maintenance (RCM) Method at PT.SHGM] Reliability centered maintenance (RCM) is a maintenance analysis method used to improve maintenance systems that focus on increasing machine reliability. The problem that occurs with PT. SHGM's 25 kg bag filling machine is that machine failure often occurs which causes the machine to stop during production. The Time Between Failure (TBF) data is looked for in the form of a probability distribution and then the level of component reliability is calculated before and after implementing preventive maintenance scheduling. Based on the research that has been carried out, it can be concluded that damage to the 25 kg Bag Filling Machine most often occurs in the Remover Section Sub System which consists of Bearing, Seal, Gripper and Piston components. The replacement schedule for each Remover Section component is the bearing component at the 2,000th hour of use, the seal component at the 1,500th hour of use, the gripper component at the 1,000th hour of use and the piston component at the 2,000th hour of use.

Keywords: Machine Maintenance Scheduling, Filling Bag Machine, Reliability Centered Maintenance

Kelompok BoK yang bersesuaian dengan artikel: *Quality & Reliability Engineering*

Saran format untuk mensitasi artikel ini:

Rosyid, M.A., dan Indrayana, M. (2023). Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Filling Bag Dengan

Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT.SGM, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI) 2023*, 294-303.

1. Pendahuluan

Perusahaan harus dapat mempertahankan keandalan mesin produksi dan menjamin mesin memenuhi fungsi yang diharapkan. Keandalan mesin diartikan sebagai kemampuan mesin untuk bekerja sesuai dengan fungsinya selama masa hidup yang diharapkan. Keandalan mesin dapat pula diartikan sebagai probabilitas mesin untuk dapat bekerja dengan fungsi spesifik selama masa hidup yang diharapkan. Keandalan mesin dapat dipertahankan dengan menerapkan sistem manajemen pemeliharaan yang direncanakan dan dilakukan dengan baik.

Pemeliharaan mencakup tindakan mencegah maupun tindakan memperbaiki atas terjadinya kegagalan pada suatu mesin/peralatan (Wibowo, 2021). Permasalahan keandalan mesin yang sering terjadi dikarenakan tidak diketahuinya prioritas kerja dan rendahnya kemampuan personel sehingga pekerja melakukan pekerjaannya tidak terjadwal dengan baik (Levitt, 2008). Hal tersebut menyebabkan banyak terjadi kerusakan mesin dan menurunnya keandalan mesin. Rendahnya keandalan mesin menyebabkan biaya pemeliharaan dan *opportunity cost* menjadi tinggi.

Penjadwalan pemeliharaan dapat meningkatkan keandalan (reliability) mesin. Dalam industri, penjadwalan pemeliharaan sangat penting karena waktu pemeliharaan mempunyai porsi yang signifikan terhadap total biaya. Permasalahan penjadwalan pemeliharaan fokus kepada penjadwalan aktivitas pemeliharaan esensial sepanjang horizon perencanaan tetap untuk peralatan kritis dalam meminimalkan biaya pemeliharaan dan menyediakan kapasitas yang cukup dalam memenuhi permintaan (Mahadevan, 2010).

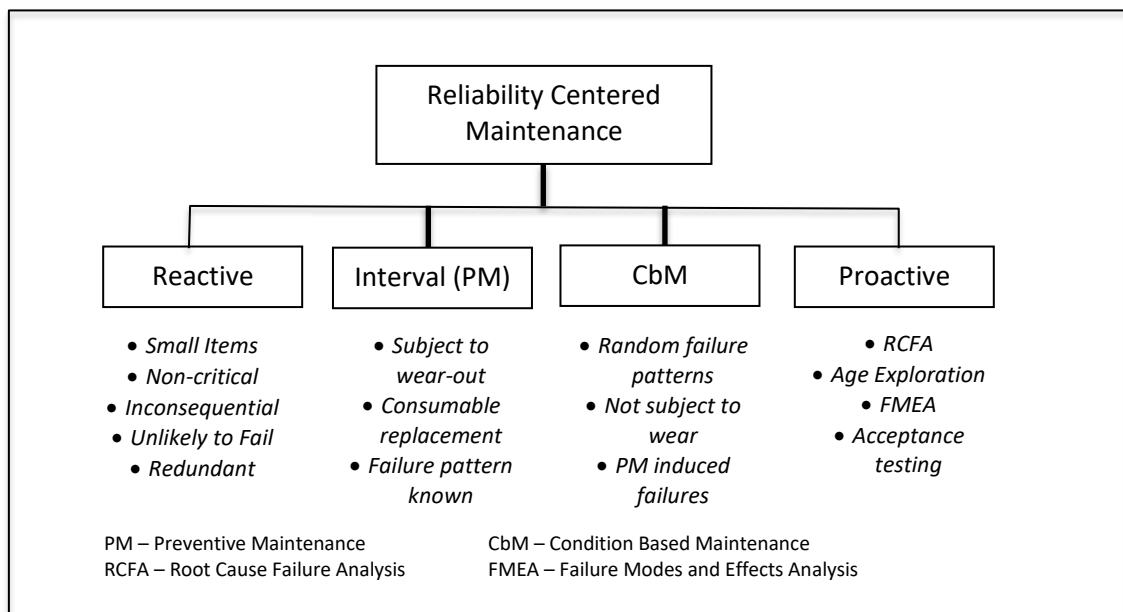
Mesin Filling Bag 25 kg di PT. Sarihusada Generasi Mahardika belum mempunyai sistem pemeliharaan yang baik. Mesin Filling Bag 25 kg sering terjadi kerusakan dan berhenti untuk perbaikan. Hal itu menyebabkan produksi terhenti sampai kerusakan mesin selesai ditangani. Berhentinya produksi dalam waktu kerja akan mempengaruhi tingkat produktivitas mesin. Oleh karena itu, penelitian untuk merencanakan penjadwalan pemeliharaan mesin Filling Bag 25 kg di PT. Sarihusada Generasi Mahardika agar produktivitas produksi sesuai yang diharapkan sangat diperlukan.

Dua pendekatan yang dapat digunakan untuk merencanakan aktivitas perawatan yaitu pendekatan RCM (reliability centered maintenance) dan TPM (total productive maintenance). Orientasi pendekatan TPM adalah pada kegiatan manajemen sedangkan RCM pada kegiatan teknis. RCM merupakan pendekatan pemeliharaan mengkombinasikan praktek dan strategi *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memaksimalkan umur dan fungsi peralatan dengan biaya minimal. RCM melakukan pendekatan menggunakan analisis kualitatif dan kuantitatif. RCM memungkinkan menelusuri akar penyebab kegagalan fungsi dan memberikan solusi yang tepat sesuai dengan akar masalah.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah Bagaimana penjadwalan sistem perawatan mesin Filling Bag 25 kg di PT. Sarihusada Generasi Mahardika menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM)?

2. Metode

Pemeliharaan (maintenance) adalah suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga fasilitas yang ada serta memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perencanaan yang ada. (Patrick 2001). Tujuan adanya pemeliharaan yakni menjaga dan mempertahankan sistem untuk dapat tetap melaksanakan fungsinya Lewis (1987). Reliability Centered Maintenance adalah sebuah proses yang dilakukan untuk menentukan pencegahan terjadinya kegagalan dan untuk memastikan bahwa mesin dapat bekerja secara optimal ketika dibutuhkan (Bloom, 2006). Reliability Centered Maintenance (RCM) diartikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menjamin suatu aset fisik dapat berjalan dengan baik sesuai dengan keinginan penggunaanya (Moubray,1997). RCM merupakan praktek perpaduan optimal dari *reactive*, *time-or interval-based*, *condition-based*, dan *proactive maintenance*. Aplikasi dasar dari setiap strategi RCM dapat dilihat pada Gambar 1 berikut (Pride, 2016):



Sumber: Pride, 2016

Gambar 1. Komponen RCM

Tujuan Reliability Centered Maintenance (Arileksana,2010): 1. Untuk mengembangkan desain yang memiliki sifat mampu dipelihara (maintain ability) 2. Memperoleh informasi yang penting dalam melakukan improvement pada desain awal yang kurang baik. 3. Mengembangkan sistem pemeliharaan yang dapat mengembalikan peralatan pada reliability dan safety seperti kondisi awal dari deteriorasi setelah sekian lama dioperasikan. 4. Untuk mewujudkan semua tujuan di atas dengan biaya minimal.

Beberapa manfaat Reliability Centered Maintenance (RCM), yaitu terkait dengan keamanan, keselamatan, biaya, keandalan, penjadwalan dan efisiensi (NASA, 2008). Kekurangan metode Reliability Centered Maintenance: 1. Tingginya biaya awal, diantaranya membutuhkan pelatihan, 2. Hasil tidak dapat segera dilihat.

Ada 7 (tujuh) pertanyaan pokok yang harus diselesaikan dalam metode RCM, yaitu : 1. Apa fungsi yang dapat dilakukan oleh alat atau mesin berdasarkan standar operasinya (system function)? 2. Bagaimana alat atau mesin itu dapat gagal dalam melaksanakan

fungsinya (function failure)? 3. Apa saja penyebab kegagalan fungsi (failure mode)? 4. Apa yang akan terjadi jika terjadinya kegagalan fungsi (failure effect)? 5. Bagaimana kaitan kegagalan fungsi suatu alat mempengaruhi kegagalan alat lainnya (failure consequence)? 6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi dan mencegah kegagalan tersebut (proactive task and task interval)? 7. Apa yang seharusnya dilakukan jika proses pencegahan dan penanganan awal tidak dapat ditemukan (default action)?

Pengumpulan, pengambilan dan pengolahan data penelitian terkait perawatan mesin Filling Bag 25 kg dilakukan dalam rentang waktu Mei 2020 sampai dengan Maret 2021 dengan pengamatan langsung, dokumentasi dan wawancara sesuai prinsip metode RCM. Analisis data dengan Function Block Diagram (FBD), dilakukan dengan mengamati bagian komponen mesin yang sesuai dengan fungsinya masing-masing. Analisis FBD dapat mengetahui fungsi-fungsi yang harus dipertahankan oleh sistem.

Analisis penentuan mesin kritis dilakukan dengan menggunakan analisis pareto. Diagram pareto dapat menunjukkan bagian sub sistem yang mengalami tingkat kerusakan paling tinggi atau paling sering terjadi pada mesin. Diagram pareto secara luas digunakan nonmanufacturing application. Namun penggunaannya sangat terkait erat dengan peningkatan kualitas atau quality improvement (Montgomery, 2009). Selanjutnya penyusunan Fault Tree Analisis (FTA) dilakukan untuk mengetahui konsekuensi setiap kegagalan untuk setiap komponen, kerusakan atau kegagalan top event yang dapat ditelusuri penyebabnya untuk dapat dilakukan perbaikan secara cepat dan tepat.

Analisis FMEA dilakukan untuk menentukan jenis kerusakan, penyebab, dan akibat yang ditimbulkan dari komponen terhadap mesin. Setiap komponen mesin dihitung nilai *severity*, *occurrence*, dan nilai *detection*, sehingga didapatkan nilai Risk Priority Number. Selanjutnya dihitung nilai Time To Repair (TTR) dan Time To Failure (TTF) pada setiap komponen mesin Filling Bag 25 kg.

Data nilai waktu TTF dan TTR selanjutnya akan ditentukan jenis distribusi yang sesuai. Untuk menentukan pola distribusi dan parameternya menggunakan bantuan software Minitab 18. Dalam menentukan pola distribusi yang akan digunakan dalam penelitian, akan dipilih nilai P-Value dan Andersen Darling (AD). Uji Anderson Darling digunakan sebagai uji kenormalan atau kebaikan sesuai (*goodness of fit*) untuk peubah kuantitatif (Stephens, M. A, 1974).

Berdasarkan distribusi terpilih dihitung nilai Mean Time To Repair (MTTR). Sama halnya dengan MTTR, nilai Mean Time To Failure (MTTF) juga dihitung berdasarkan pada distribusi terpilih sebelumnya. MTTR adalah waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan mulai dari komponen tersebut mengalami kerusakan hingga mesin tersebut jalan kembali. Nilai MTTR yang rendah menunjukkan bahwa diperusahaan tersebut mempunyai solusi yang tepat dan menunjukkan tingkat efisiensi yang tinggi. Untuk menghitung nilai MTTR disesuaikan dengan bentuk distribusi data waktu perbaikan. Rumus persamaan MTTR sebagai berikut (Ebeling, 1997):

$$\text{Jika data berdistribusi normal maka } MTTR = \mu \quad (1)$$

$$\text{Jika data berdistribusi lognormal maka } MTTR = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2)$$

Mean Time to Failure adalah waktu rata rata antar kerusakan mulai mesin berjalan hingga mesin rusak kembali. Sama halnya rumus MTTR, rumus untuk mencari nilai MTTF didasarkan bentuk distribusi data waktu antar kegagalan. Rumus persamaan MTTF sebagai berikut (Ebeling, 1997):

Jika data berdistribusi normal maka $MTTF = \mu$ (3)

Jika data berdistribusi lognormal maka $MTTF = \exp(\mu + \frac{\sigma^2}{2})$ (4)

Setelah distribusi dan parameter dari masing-masing komponen mesin ditentukan, selanjutnya dihitung interval penggantian waktu yang tepat dengan menggunakan nilai kriteria minimasi downtime, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai downtime minimum. Model yang akan digunakan adalah *age replacement*, yaitu penentuan waktu pergantian berdasarkan umur komponen yang optimal.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam proses produksinya PT. SHGM Yogyakarta mengoperasikan 4 mesin produksi secara *continue* atau 24 jam. Dari empat mesin produksi yang dimiliki perusahaan, mesin Filling Bag 25 kg memiliki nilai downtime tertinggi jika dibandingkan dengan mesin yang lainnya (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai Downtime Mesin PT.SHGM.

NO	Nama Mesin	Downtime	Frekuensi	Persentase
1	Mixing	135,65	32	25%
2	Evaporator	84,31	15	12%
3	Dryer	120,1	23	18%
4	Filling Bag	254,1	57	45%
Total		594,16	127	100 %

Mesin Filling Bag 25 kg merupakan mesin yang dapat membuat kantong atau bag berukuran sebesar 25 kg setelah melewati tahapan-tahapan sub-sistem mesin. Mesin ini digunakan saat diakhir proses produksi karena sifatnya merupakan packaging. Terdapat 4 (empat) komponen mesin Filing Bag 25 kg yaitu Motor Auger, Bag Magazine, Bag Aplikator dan Bag Remover. Tahapan-tahapan proses mesin filling bag 25 kg tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 Block Diagram Sub Sistem berikut:



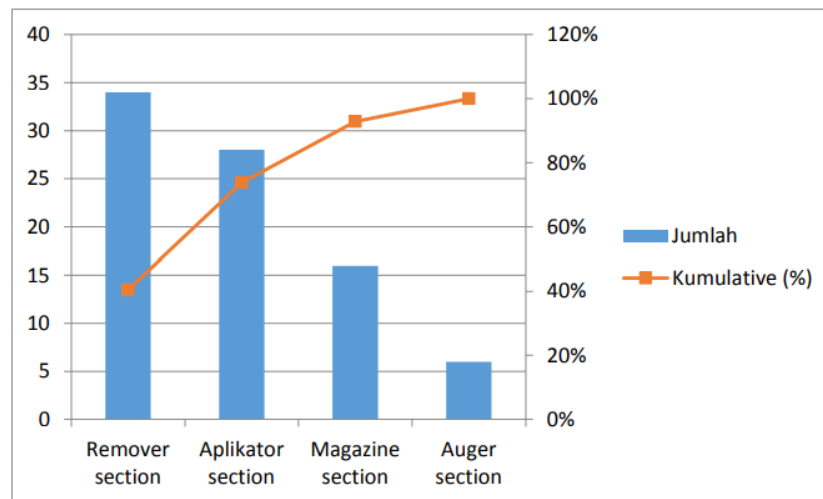
Gambar 2. Block Diagram Mesin Filling Bag 25 kg

Data dan Diagram Pareto kerusakan mesin Filling Bag 25 kg yang mengakibatkan downtime dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

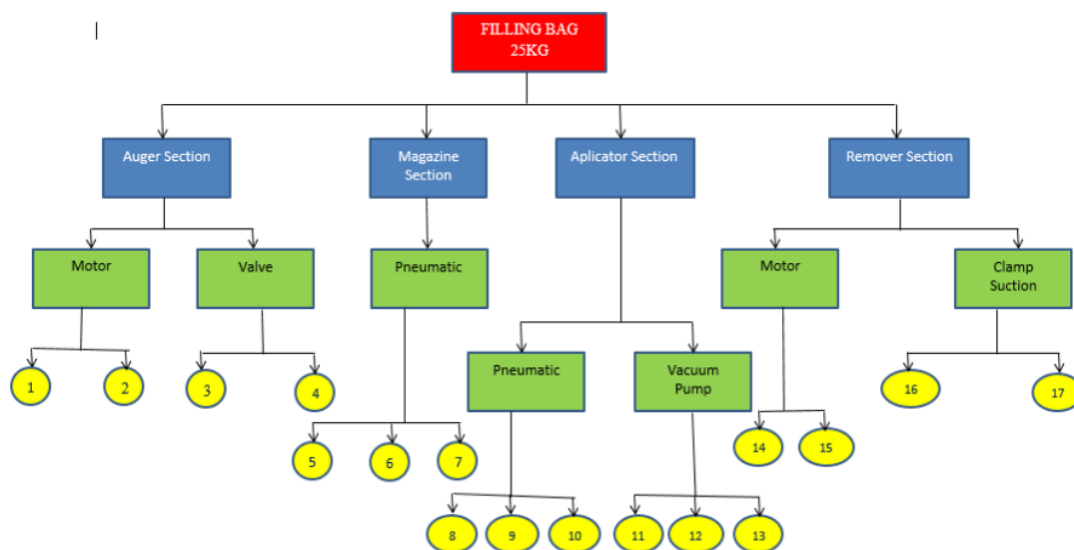
Tabel 2. Data Downtime Mesin Filling Bag 25 kg PT.SHGM.

Sub Sistem	Jumlah Kerusakan	Persentase %	Kumulatif %
Auger Section	6	7	7
Magazine section	16	19	26
Aplicator section	28	34	60
Remover section	34	40	100
Total	84	100	

Fault Tree Analisis digunakan untuk menelusuri masing-masing konsekuensi bagian sub-mesin, kerusakan atau kegagalan yang menjadi Top Event. Fault Tree Analisis untuk mesin Filling Bag 25 kg dapat dilihat pada Gambar 4. Pada bagian remover section yang menjadi basic event-nya adalah semua bagian pada remover section yaitu bearing, seal, piston, dan griper, namun yang sering terjadi kerusakan adalah pada bagian griper-nya.



Gambar 3. Diagram Pareto Kerusakan Sub Sistem Mesin Filling Bag 25 kg



Keterangan : (1) Bearing (2) Seal (3) Disc (4) Seal (5) Piston (6) Air tube (7) Push in fitting (8) Piston (9) Air tube (10) Push in fitting (11) Bearing (12) Seal (13) Suction cup (14) Bearing (15) Seal (16) Griper (17) Piston

Gambar 4. Skema Mesin Filling Bag 25 kg

Failure Mode and Effect Analisis (FMEA) bertujuan untuk menentukan jenis kerusakan, penyebab dan akibat dari kerusakan yang ditimbulkan equipment pada mesin Filling Bag 25 kg. Nilai *severity*, *occurance* dan *detection* masing-masing komponen *Remover Section* sebagai sub sistem dengan kerusakan terbanyak kemudian ditentukan. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada tiap-tiap komponen mesin tersebut diperoleh dengan cara mengalikan nilai ketiga

faktor; severity, occurrence dan detection. Nilai RPN untuk setiap komponen dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. FMEA dan RPN Remover Section PT.SHGM

Sub Sistem	Equipment	Part	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
Remover section	Motor	Bearing	1 Sebagai bantalan putar motor	A Bearing rusak atau macet	1 Motor tidak bisa memindahkan produk	Produk akan berhenti dan akan menjadi blocking	6	7	7	294
		Seal	2 Menjaga powder tidak masuk ke motor	A Seal bocor	1 Terjadi leak produk	Produk terkontaminasi udara ruangan luar	6	5	5	150
	Clamp Suction	Griper	1 Menahan dan mengambill bag yang sudah terisi agar tidak terjatuh saat di isi powder 25 kg	A Griper rusak	1 Tidak tahan mengambil bag yang sudah terisi powder	Bag akan lepas dan powder akan berjatuhan	7	4	4	112
		Piston	2 sebagai pendorong dan pelepas griper saat proses mengambill dan mengirim bag	A Seal bocor	1 Piston tidak kuat mendorong griper	Bag akan sobek bila piston tidak maksimal	7	5	5	175

Mesin Filling Bag 25kg beroperasi selama 24 jam dalam satu hari dan 7 hari dalam satu minggu. Berdasarkan pada data kerusakan mesin yang terjadi, maka nilai TTR, TTF, MTT dan MTF dapat disusun seperti Tabel 4.

Setelah dilakukan penentuan distribusi dan parameter setiap part dan komponen, selanjutnya dilakukan perhitungan interval waktu penggantian dengan menggunakan kriteria minimasi downtime untuk mendapatkan downtime dengan nilai minimum. Model yang akan digunakan adalah age replacement, yaitu penentuan waktu penggantian berdasarkan umur komponen yang optimal.

Pada model age replacement, pelaksanaan penggantian pencegahan tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika dilakukan penggantian kerusakan (Jardine, 1973).

Rekapitulasi perhitungan waktu penggantian untuk masing-masing komponen dapat disajikan seperti Tabel 5.

Tabel 4. TTR-TTF, MTT-MTF Remover Section PT.SHGM

Equipment	Part	No	Tgl Mu lai	Tgl Sele sai	Waktu Mu lai	Waktu Sel esai	TT R (Jam)	TT F (Jam)	Andersen Darling	P-Value	Distribusi	Result	μ	α	Nilai MTTR (Jam)	μ	α	Nilai MTTF (Jam)
Motor	Bearing	1	24/02/2020	24/02/20	23.00	02.00	3	0	0,488	0,057	Normal	OK	2,66	0,31	224,5	874,56	224,5	
		2	15/08/2020	15/08/20	05.00	08.00	3	4169	0,145	0,021	Exponensial	NOT OK						
		3	30/11/2020	30/11/20	18.00	20.00	2	2566	0,538	0,432	Lognormal	OK						
	Seal	4	15/01/2020	15/01/20	13.00	15.00	2	0	0,488	0,057	Normal	OK	2,5	0,30	204,85	798,01	204,85	
		5	21/05/2020	21/05/20	09.00	12.00	3	3048	0,526	0,008	Exponensial	NOT OK						
		6	16/08/2020	16/08/20	07.00	09.00	2	2093	0,191	0,034	Lognormal	NOT OK						
		7	21/12/2020	21/12/20	10.00	13.00	3	3053	1,135	0,003	Exponensial	NOT OK						
Clamp Suction	Grip per	8	08/03/2020	08/03/20	16.00	18.00	2	0	0,526	0,008	Exponensial	NOT OK	2,12	0,12	113,9	0,54	130,660	
		9	17/05/2020	17/05/20	09.00	11.00	2	1677	0,191	0,034	Lognormal	NOT OK						
		10	12/06/2020	12/06/20	24.00	02.00	2	613	0,251	0,044	Weibull	NOT OK						
	Piston	11	21/07/2020	21/07/20	12.00	13.00	1	946	0,488	0,057	Normal	OK						
		12	07/09/2020	07/09/20	14.00	17.00	3	1149	1,135	0,003	Exponensial	NOT OK						
		13	18/12/2020	18/12/20	06.00	08.00	2	2449	0,189	0,075	Lognormal	OK						
		14	10/02/2020	10/02/20	21.00	22.00	1	0	0,234	0,054	Weibull	OK	3,4	0,40	154,62	602,25	154,62	
		15	14/07/2020	14/07/20	20.00	24.00	4	3702	0,488	0,057	Normal	OK						
Piston	16	23/10/2020	23/10/20	15.00	21.00	6	2409	1,23	0,007	Exponensial	NOT OK							
	17	13/11/2020	13/11/20	07.00	09.00	2	500	0,78	0,450	Lognormal	OK							
	18	30/12/2020	30/12/20	23.00	03.00	4	1120	0,43	0,039	Weibull	NOT OK							

Tabel 5. Rekapitulasi Waktu Penggantian komponen Remover Section PT.SHGM

Part	F(tp)	R(tp)	M(tp)	D(tp)	A(tp)	t
Bearing	0,303	0,603	10422,62	0,000402	0,9910	2160
Seal	0,459	0,285	5141,55	0,000864	0,9923	1600
Griper	0,396	0,492	1796,66	0,000045	0,9988	800
Piston	0,398	0,696	3886,78	0,000478	0,9993	2950

Jadwal penggantian komponen dibuat dengan cara mencari waktu yang berdekatan sehingga diperoleh interval penggantian komponen yang sesuai. Penjadwalan penggantian dapat dimasukkan ke dalam *schedule shutdown* bulanan seperti saat *total dry cleaning* unit mesin sehingga angka downtime dapat diminimalkan. Untuk memudahkan dalam mengontrol dalam pelaksanaan penggantian komponen, usulan jadwal penggantian dibuat dalam bentuk interval mulai dari 1000 jam sampai 2000 jam. Penjadwalan perawatan penggantian komponen sub sistem Remover Section mesin Filling Bag 25 kg dapat direkomendasikan seperti Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Rekomendasi Jadwal Penggantian komponen Remover Section PT.SHGM

PART	JAM KE			
	1000	1250	1500	2000
Bearing				V
Seal			V	
Griper	V			
Piston				V

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kerusakan Mesin Filling Bag 25 kg paling sering terjadi pada bagian Sub Sistem Remover Section yang terdiri dari komponen Bearing, Seal, Gripper dan Piston. Jadwal penggantian masing-masing komponen Remover Section yaitu komponen Bearing dilakukan pada pemakaian jam ke 2.000, komponen Seal pada pemakaian jam ke 1.500, komponen Gripper pada pemakaian jam ke 1.000 dan komponen Piston pada pemakaian jam ke 2.000. Dengan cara yang sama dapat pula dirumuskan jadwal penggantian komponen untuk sub sistem lainnya pada Mesin Filling Bag 25 kg ataupun seluruh mesin atau komponen yang ada di tahapan proses produksi PT.SHGM.

Daftar Pustaka

- Bloom, N. B. (2006) *Reliability Centered Maintenance: Implementation Made Simple*. United States of America: McGraw-Hill
- Ebelling, E Charles, (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, McGraw-Hill inc, New York City.
- Jardine (1973) *Maintenance, Replacement, and Reliability*, Pittman Publishing Company, Canada
- Levitt, Joel. (2008). *Lean Maintenance*. New York: Industrial Press.
- Lewis, E. E., (1987) *Introduction to Reliability Engineering*. Canada: John & Wiley Sons
- Moubray, Jhon, (1997) *Reliability Centered Management (RCM II) Second Edition*, Butterworth-Heinmann Ltd, Greath Britain.

- Mahadevan ML, Paul Robert T, Vignesh Kumar V, Sridhar S (2010) Minimizing Maintenance Activities Using HGA and Monte Carlo Simulation, *International Journal of Computer Application*, Vol. 1 No.21
- Montgomery, D. C., (2009) Introduction to Statistical Quality Control. 6th ed. Jefferson: John Wiley & Sons, Inc.
- Moubray, J. (2000). Reliability Centered Maintenance II. North Carolina, United States of America: Industrial Press Inc
- NASA. (2000) Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment
- Patrick, J.D., Jardine, A.K.S., (2001). Maintenance Excellence. Marcel Dekker Inc, New York
- Pride Alan (2016) Reliability-Centered Maintenance (RCM), CMRP, Associate Director Systems Reliability, Smithsonian Institution
- Stephens, M. A. (1974). EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons, *Journal of the American Statistical Association*, 69, pp. 730-737
- Wibowo, Tri Joko, Tb. Syarif Hidayatullah, Ahmad Nalhadi Analisa (2021) Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance(RCM), *Jurnal Rekayasa Industri*, Vol. 3 No. 2.