

PERENCANAAN PERAWATAN MESIN INJECTION MOLDING DENGAN MENGGUNAKAN METODE REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT. VICTORY PLASTIC

Ferdian Arif Mulawarman

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: ferdianmu@gmail.com

Iskandar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: quicktrick.bs@gmail.com

Abstrak

Ketidakstabilan perekonomian dan semakin tajamnya persaingan di dunia industri mengharuskan suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya. Metode perawatan yang selama ini digunakan masih bersifat corrective maintenance dimana kegiatan perawatan mesin dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin sehingga mencapai standar yang telah ditetapkan pada mesin tersebut. Besarnya tingkat downtime yang mencapai hingga 40% setiap bulannya. Karena dengan semakin banyak downtime yang terjadi maka akan semakin merugikan produktifitas sebuah perusahaan. Pada penelitian ini digunakan metode Realibility Centered Maintenance yang disingkat dengan (RCM), yaitu untuk menentukan kegiatan perawatan mesin yang optimal bagi perusahaan. Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari preventive maintenance (pm) dan corrective maintenance (cm) untuk memaksimalkan umur (life time) dan fungsi aset / sistem / equipment dengan biaya minimal. Subjek mesin yang diteliti ialah mesin Injection Molding, dimana fokus komponen mesin yang akan diteliti sebanyak 6 bagian yaitu : Barrel, Piston Injection, Clamping Toggle, Nozzle, Hydro Motor, Hopper. Dari pengolahan data dan pembahasan yang dilakukan diperoleh part yang paling kritis adalah Screw, Crosshead Link, Seal, Screening. Kegagalan komponen yang termasuk safety problem 13.33%, Outage System 80.00%, Economic System 6.67%. Pemilihan Tindakan berdasarkan kondisi (CD) 60%, Waktu (26.67%), dan Temuan Kerusakan (FF) 13.33%. Dari total minimum downtime diperoleh interval Screw 30 hari, Crosshead Link 11 hari, Seal 13 hari, Screening 12 hari. Rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan untuk kategori berdasarkan kondisi (CD) berupa tindakan Inspeksi perawatan harian, mingguan, dan bulanan. Sedangkan untuk kategori berdasarkan waktu (TD), perawatan yang diberikan berupa jadwal pergantian komponen. Kategori temuan kerusakan (FF) direkomendasikan pergantian komponen apabila tingkat kerusakan melebihi batas toleransi. Penurunan nilai Downtime Screw 37.21%, Crosshead Link 41.15%, Seal 24.56%, dan Screening 29.32%

Kata kunci: Reliability Centered Maintenance (RCM), Injection Molding, downtime, preventive maintenance, corrective maintenance.

Abstract

The instability of the economy and increasingly sharp competition in the industry requires a company to further enhance the efficiency of its operations. Treatment method that has been used is still corrective maintenance where engine maintenance activities undertaken to improve and enhance the condition of the engine so as to achieve the standards set at the level tersebut. Besarnya machine downtime which reaches up to 40% each month. Due to the growing number of downtime that occurs it will be increasingly detrimental to the productivity of a company. In this study used methods Reliability Centered Maintenance abbreviated to (RCM), which is to determine the optimal engine maintenance activities for the company. Reliability Centered Maintenance (RCM) is an approach that combines maintenance practices and strategies of preventive maintenance (PM) and corrective maintenance (cm) to maximize the life (life time) and the function of assets / systems / equipment at a minimal cost. Subjects studied machine is the machine Injection Molding, where the focus of engine components that will be examined as many as six parts: Barrel, Piston Injection, Toggle Clamping, Nozzle, Hydro Motor, Hopper. Data processing and discussion conducted earned the most critical part is the Screw, crosshead Link, Seal, Screening. The action selection strategy berdasarkan treatment condition (CD) 60%, Time (26.67%), and finding Damage (FF) 13:33%. Recommended measures care given to categories based on conditions (CD) in the form of maintenance inspections action daily, weekly, and monthly. As for the category based on time (TD), the treatment provided in the form of component replacement schedule. Category finding damage (FF) recommended replacement components if the level of damage exceeds tolerable limits. Failure of

components that include safety problem 13:33%, Outage System 80.00%, 6.67% Economic System. Of the total minimum downtime obtained Screw interval of 30 days, the crosshead link 11 days, Seal 13-day, 12-day screening. Downtime Screw impairment 37.21%, 41.15% crosshead link, Seal 24.56%, and 29.32% Screening

Keyword : Reliability Centered Maintenance (RCM), Injection Molding, downtime, preventive maintenance, corrective maintenance.

PENDAHULUAN

Ketidakstabilan perekonomian dan semakin tajamnya persaingan di dunia industri mengharuskan suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya. Pendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin – mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Karena dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan produktivitas dan penggunaan teknologi tinggi yang berupa mesin dan fasilitas produksi maka kebutuhan akan fungsi perawatan mesin semakin besar. Karena dengan adanya penggunaan mesin secara kontinyu akan mengalami penurunan tingkat kesiapan mesin itu sendiri, maka dalam usaha untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar kontinuitas dapat terjamin direncanakanlah kegiatan perawatan yang dapat menunjang keandalan suatu mesin atau fasilitas produksi. Menurut Daryus (2007) untuk mencapai hal itu diperlukan adanya suatu sistem perawatan yang baik.

Suatu mesin dengan produktivitas yang baik mampu beroperasi secara normal dalam suatu proses produksi. Agar kontinuitas produksi yang dihasilkan mesin tersebut dapat tercapai maka perlu adanya pertimbangan mengenai jenis sistem pemeliharaan yang akan diterapkan pada mesin.

PT. Victory Plastic adalah perusahaan industri yang bergerak dibidang produksi pembuatan kemasan makanan dan kosmetik untuk memenuhi permintaan pasar dan konsumen. Oleh karena itu perusahaan dituntut tepat waktu dalam menyelesaikan produksinya dan hal ini tidak terlepas dari keandalan mesin produksi dan komponen – komponennya. Kerusakan yang terjadi sebelum interval yang dijadwalkan oleh perusahaan akan menyebabkan terjadinya corrective maintenance yang menimbulkan kerugian tidak sedikit akibat terhentinya kegiatan produksi dan penggantian suku cadang mesin.

Besarnya tingkat kegagalan beroperasi yang dihasilkan oleh mesin yaitu rata – rata 40% setiap bulannya mengakibatkan downtime yang pada akhirnya berpengaruh pada produktivitas yang dihasilkan. Dengan adanya sistem pemeliharaan optimal yang terdiri dari biaya pemeliharaan dan jaminan berhasilnya proses produksi. Maka optimalisasi ini dipilih sebagai pendekatan dalam penyelesaian masalah untuk pemilihan jenis perawatan mesin. Adapun fokus mesin yang akan menjadi objek penelitian yaitu mesin Injection Molding.

Pada penelitian ini digunakan metode Reliability Centered Maintenance yang disingkat dengan (RCM), yaitu untuk menentukan kegiatan perawatan yang optimal bagi perusahaan. Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan landasan dasar untuk perawatan fisik dan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan perawatan pencegahan (preventive maintenance) yang terjadwal (Ben-Daya, 2000). Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan dan kualitas pembentukan perawatan pencegahan yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan (Moubray, 1997).

Penerapan metode RCM akan memberikan keuntungan yaitu: keselamatan dan integritas lingkungan menjadi lebih diutamakan, prestasi operasional yang meningkat, efektifitas biaya operasi dan perawatan yang lebih rendah, meningkatkan ketersediaan dan reliabilitas peralatan, umur komponen yang lebih lama, basis data yang lebih komprehensif, motivasi individu yang lebih besar, dan kerja sama yang baik diantara bagian-bagian dalam suatu instalasi.

Dasar pemilihan dalam pemilihan metode ini karena metode Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan preventive maintenance yang terjadwal. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan (design) dan kualitas pembentukan preventive maintenance yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan. Metode RCM diharapkan dapat menetapkan schedule maintenance dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (maintenance task) yang tepat yang harus dilakukan pada setiap komponen mesin.

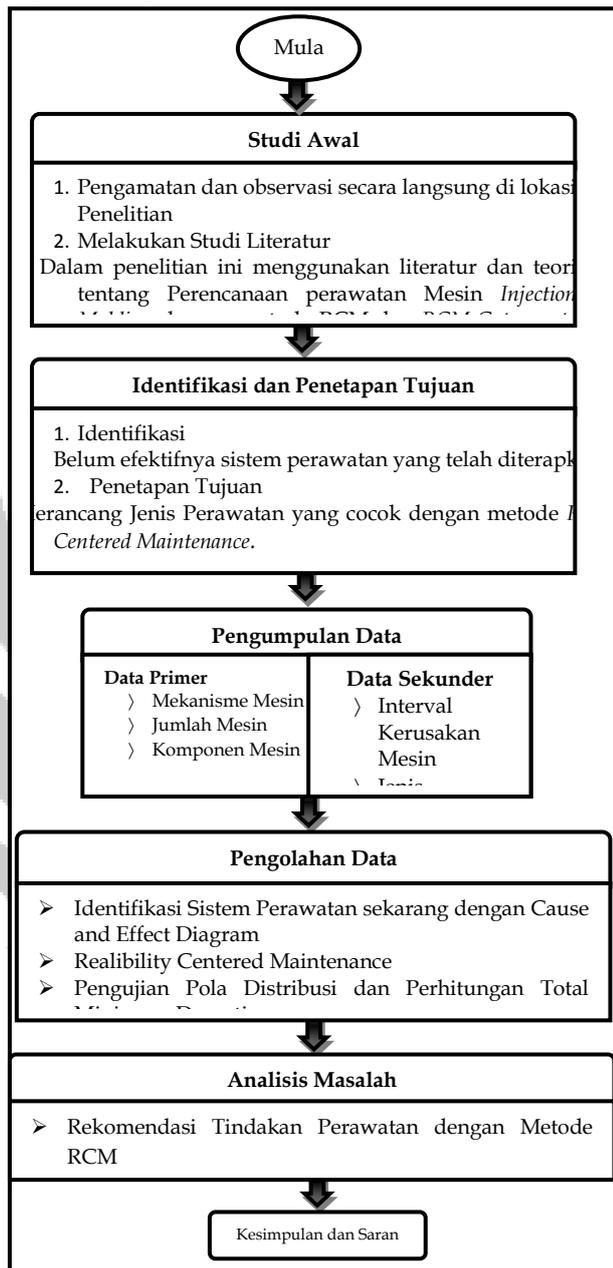
Tujuan Penelitian

1. Untuk mengidentifikasi komponen kritis pada mesin *Injection Molding*.
2. Untuk menentukan strategi perawatan yang sesuai pada komponen kritis menggunakan metode RCM.
3. Untuk mengetahui dan menentukan tindakan perawatan yang dapat mengoptimalkan mesin serta komponen dengan metode RCM.

METODE

Rancangan Penelitian

Pelaksanaan penelitian apabila dibuat dalam flow chart dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di:

- PT. Victory Plastic JL. Bringin Bendo No. 18 Trosobo, Sidoarjo.
- Penelitian ini dilakukan pada tanggal 31 Mei – 18 Juni 2016

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (Independen)

Menurut Sugiyono (2013:61), variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah interval kerusakan komponen mesin dan *downtime*.

2. Variabel Terikat (Dependen)

Menurut Sugiyono (2013, variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat ialah *Mean Time Between Failure (MTBF)*.

Teknik Pengumpulan Data

1. *Teknik Observasi*, Menurut Suharsimi Arikunto (2006:157), “Observasi dilakukan dengan dua cara yaitu observasi sistematis menggunakan pedoman pengamatan dan observasi non sistematis dimana instrumen observasi sistematis dan tanpa instrumen pengamatan”. Adapun teknik Observasi yaitu melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek penelitian yaitu dengan melaksanakan pengamatan tentang uraian proses produksi, mesin – mesin produksi, serta cara kerja mesin produksi.
2. *Teknik wawancara*, yaitu melakukan wawancara dengan teknisi mesin/ peralatan terpilih dalam menangani kerusakan mesin/komponen.
3. *Dokumentasi data perusahaan*, yaitu melihat buku-buku atau dokumentasi dari perusahaan yang berhubungan dengan data yang diperlukan, seperti waktu kerusakan mesin dan jenis kerusakan mesin.
4. *Studi Literatur*, yakni membaca buku – buku serta jurnal – jurnal yang berkaitan dengan penerapan metode *Reliability Centered Maintenance*.

Gambar Mesin Injection Molding



Gambar 2. Gambar Mesin Injection Molding (Sumber :Dokumentasi Pribadi)

Teknik Pengolahan Data

1. Identifikasi Sistem Perawatan

Pengidentifikasi sistem perawatan yang ada dengan *cause and effect diagram*

2. *Realibility Centered Maintenance (RCM)*

Berikut ini merupakan langkah – langkah dari metode *Realibility Centered Maintenance (RCM)*:

- a. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi
- b. Pendefinisian Batasan Sistem

Pendefinisian batasan sistem bertujuan untuk menghindari kerancuan data antar sistem yang akan diteliti.

c. Penjelasan Sistem dan Blok Diagram Fungsi

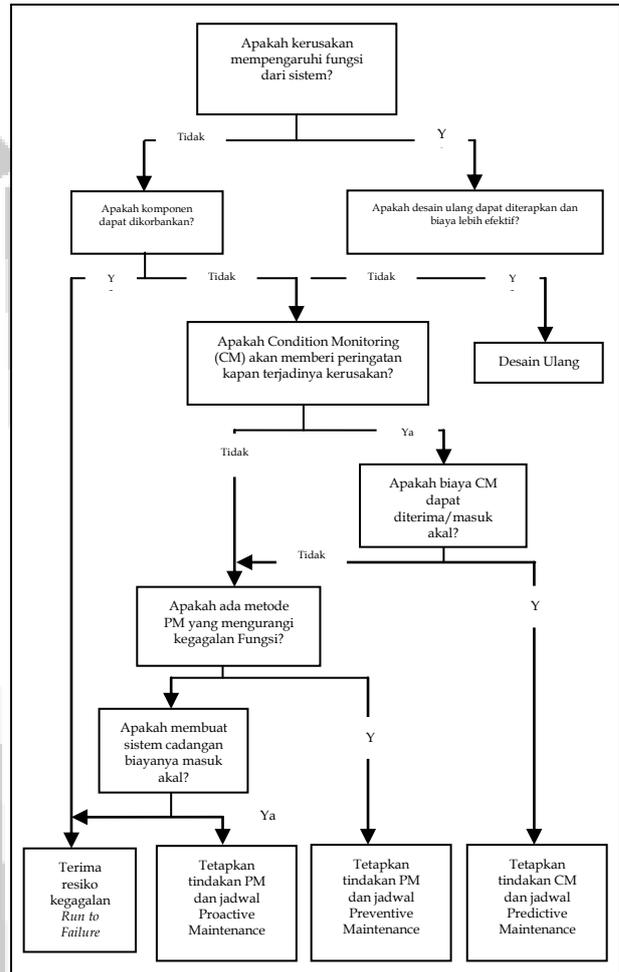
Sistem yang telah dipilih akan diurai secara mendetail dan digambarkan dalam blok diagram fungsi melalui *System Work Breakdown Structure (SWBS)*.

d. Analisis Mode Kegagalan dan Efek Kegagalan (FMEA)

Tujuan dari disusunnya Analisis Mode Kegagalan dan Efek Kegagalan (FMEA) ini untuk melengkapi matriks peralatan dan kegagalan fungsi. Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) berdasarkan *severity, occurrence, dan detection*.

e. Analisis Cabang Logika (LTA)

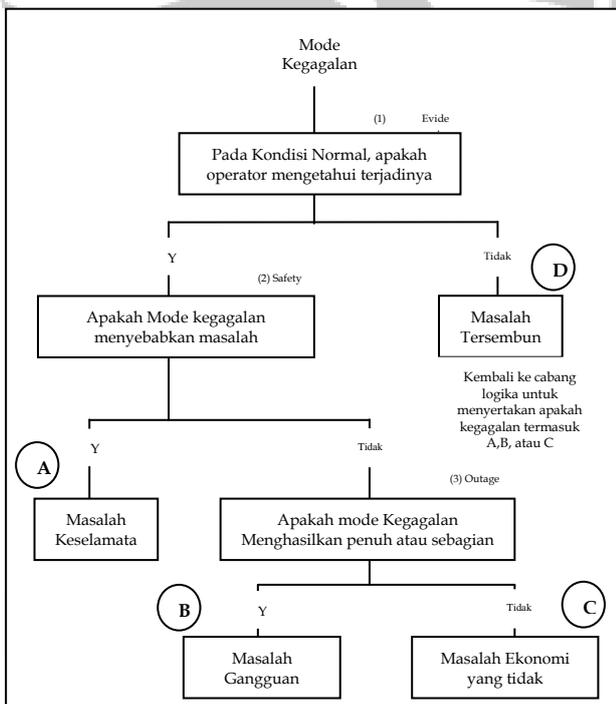
- Penyusunan analisis cabang logika (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas



Gambar 4 Road Map Pemilihan Tindakan (Sumber : NASA, 2000)

Keterangan:

1. *Predictive Testing and Inspection (CM) /Condition Directed (C.D)*, tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara visual inspection, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukangejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
2. *Preventive Maintenance/Time Directed (T.D)*, tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
3. *Proactive Maintenance/Finding Failure (F.F)*, tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.



Gambar 3 Struktur Analisis Cabang Logika (Sumber : Anthony M. Smith, 2003.)

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengumpulan Data

Pengamatan yang dilakukan pada proses produksi injeksi plastic (Storebox, Hanger, Tutup Galon). Dalam proses produksi injeksi plastic, mesin *Injection Molding* terdiri atas 11 komponen akan Tetapi kami focus pada 6 komponen saja yaitu :

Tabel 1. Identifikasi Komponen Mesin

No.	Jenis Komponen	Kategori	Kendala	Keterangan
1.	Barrel	Critical	Air Trap	Kerusakan mengganggu proses produksi dan biaya perbaikan mahal
			Termocouple Rusak	
			Suara Bising	
2.	Piston Injection	Critical	Piston Macet	Kerusakan mengganggu proses produksi dan waktu perbaikan lama
			Injeksi Lambat	
			Kebocoran Oli	
3.	Clamping Toggle	Essential	Hidraulic Ejector Patah	Kerusakan mengganggu proses produksi akan tetapi ada cadangan
			Crosshead Link Patah	
			Clamping Cylinder Bocor	
4.	Nozzle	Critical	Kebocoran Pada Celah	Kerusakan mengganggu proses produksi dan waktu perbaikan lama
			Resin Tersumbat	
			Circlip Patah	
5.	Hydro Motor	Essential	Motor Tidak Berfungsi	Kerusakan tidak membahayakan proses produksi
			Overheat	
			Blower mati	
6.	Hopper	General Purpose	Seal Rusak dan Meleleh	Kerusakan tidak mengganggu proses produksi
			Tidak ada penutup	
			Screening Pecah	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Hasil pengidentifikasian kategori kerusakan mesin tersebut diperoleh dari wawancara operator dan supervisor. Adapun yang menjadi garis besar pertanyaan wawancara tersebut, apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan pada sistem, apakah kerusakan menyebabkan masalah keselamatan, dan apakah kerusakan menyebabkan mesin berhenti sebagian atau keseluruhan.

Tabel 2 berikut ini menunjukkan Interval Kerusakan komponen yang terjadi pada setiap komponen dari periode Januari 2014 sampai dengan Desember 2015.

Tabel 2. Interval Kerusakan Komponen Mesin

Data No -	Interval Kerusakan Komponen (Hari)			
	Screw	Crosshead Link	Seal	Screening
1	-	-	-	-
2	39	10	11	14
3	38	11	21	16
4	37	8	15	17
5	33	8	19	13
6	29	10	18	13
7	39	24	21	14
8	40	23	13	18
9	37	16	15	20
10	41	12	20	17
11	39	18	15	16
12	39	18	18	12
13	36	20	20	17
14	28	12	16	18
15	34	13	15	16
16	35	20	21	14
17	40	17	19	15
18	42		17	13
19	33		21	14
20			19	19
21			19	15
22			17	15
23			14	15
24			17	19
25			14	14
26			19	18
27			16	19
28			15	11
29			20	18
30			15	17
31			17	15
32			14	
33			18	
34			18	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Pengolahan Data

PT. Victory Plastic merupakan perusahaan yang memproduksi berbagai jenis plastic kemasan (Boxstore, Tutup Galon, Hanger) dengan *plant* berupa susunan komponen mesin besar yang berderet (seri). Jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen maka proses produksi keseluruhan akan berhenti.

Dengan sistem perawatan yang diterapkan oleh perusahaan saat ini, tingkat kerusakan yang terjadi pada mesin *Injection Molding* masih tinggi. Salah satu dampak yang terjadi adalah meningkatnya *downtime* produksi yang menyebabkan penurunan produktivitas perusahaan.

Reliability Centered Maintenance

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi
2. Pendefinisian Batasan Sistem
3. Penjelasan Sistem dan Blok Diagram Fungsi
4. Penjelasan Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi
5. Analisis Mode Kegagalan dan Efek Kegagalan (FMEA)
6. Analisis Cabang Logika (LTA)
7. Pemilihan tindakan.



Gambar 4. Blok Diagram Fungsi Sistem Injeksi Plastik System Work Breakdown Structure (SWBS) dari sistem Produksi injeksi Plastik dapat diuraikan masing – masing dalam bentuk pada tabel berikut :

Tabel 3. Fungsi dan Kegagalan Fungsi Komponen

Komponen	No. Fungsi	No. Kerusakan Fungsi	Uraian Fungsi	Kegagalan Fungsi
Barrel	1.1		Melakukan proses peleburan Resin	
		1.1.1		Temperatur tidak merata (Heater Rusak)
Piston Injection	1.2		Mendorong Screw menuju Nozzle	
		1.2.1		Kebocoran Pelumasan
Clamping Toggle	1.3		Menjaga Tekanan Movable Plate	
		1.3.1		Tekanan berkurang dan tidak stabil
		1.3.2		Sistem Pelumasan yang bocor
Nozzle	1.4		Menginjeksi Resin ke dalam Mold	
		1.4.1		Tersumbatnya Resin
		1.4.2		Seal pecah
Hydro Motor	1.5		Memberi tenaga penggerak Piston Injeksi	
		1.5.1		Putaran mesin tidak stabil
		1.5.2		Blower mati
Hopper	1.6		Wadah resin sebelum menuju Barrel	
		1.6.1		Tidak Berfungsinya Flange
		1.6.2		Screening pecah

Sumber : PT. Victory Plastic

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

FMEA menggambarkan tingkat keserangan kejadian kerusakan keparahan dan tingkat deteksi kerusakan yang dinyatakan dengan nilai RPN (Risk Priority Number) Tabel 4 menunjukkan tabel FMEA kemungkinan terjadi pada setiap komponen yaitu (Barrel terdiri dari Part Screw & Thermocouple), (Piston Injection terdiri dari Part Lubrication System), (Clamping Toggle terdiri dari Part Hydraulic Ejector, Crosshead Link, & Clamping Cylinder), (Nozzle terdiri dari Part Seal, Open Nut, Circlip), (Hydro Motor terdiri dari Part Electric Motor, Kumparan, Kipas), (Hopper terdiri dari Part Sealing, Screening, Flange).

Tabel 4. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

FMEA WORKSHEET									
Subsistem	No	Part's	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Efek Kegagalan	Sev	Oec	Det	RP N
Barrel	1	Screw	Non-Return Valve Macet	Aus	Kebocoran Resin	6	5	6	180
	2	Thermo couple	Overheated	Temperatur tidak terkontrol	Suhu tidak Merata	4	5	4	80
Piston Injection	1	Lubrication System	Oil Tersendat	Kotor	Piston Berhenti	2	3	4	24
Clamping Toggle	1	Hidraulic Ejector	Patah	Aus Korosi	Produk Tidak keluar dari Mold	3	2	4	24
	2	Crosshead Link	Patah	Korosi	Clamp tidak bisa menopang Mold	4	5	7	140
	3	Clamping Cylinder	Oli Tersendat	Kotor Kerusakan Seal	Clamp Macet	2	4	4	32

Sumber : Pengolahan Data

Data pada tabel tersebut ialah hasil wawancara dengan operator dan supervisor. Berdasarkan hasil perhitungan RPN pada Tabel 4.7 terlihat bahwa tingkat RPN tertinggi adalah pada part Screw, Crosshead Link, Seal, dan Screening. Oleh sebab itu, perlu adanya perhatian khusus pada part komponen dengan nilai RPN yang tinggi.

Analisa Cabang Logika (LTA)

Penyusunan Analisa Cabang Logika/Logic Tree Analysis (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA ini.

Tabel 5. LTA (Logic Tree Analysis)

Subsistem	No.	Parts	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Category
Barrel	1	Screw	Non-Return Valve Macet	Aus	B
	2	Thermocouple	Overheated	Temperatur tidak terkontrol	B
Piston Injection	1	Lubrication System	Oli Tersendat	Kotor	B
Clamping Toggle	1	Hidraulic Ejector	Patah	Aus Korosi	B
	2	Crosshead Link	Patah	Korosi	B
	3	Clamping Cylinder	Oli Tersendat	Kotor Kerusakan Seal	B
Nozzle	1	Seal	Broken Seal	Aus Suhu Tinggi	B
	2	Open Nut	Tersendat	Kotor	B
	3	Circlip	Patah	Overload High Pressure	B

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan pencegahan berdasarkan hasil analisis Terhadap FMEA dan LTA adalah sebagai berikut :

1. *Predictive Testing and Inspection/Condition Directed* (C.D) : dilakukan pencegahan dengan berdasarkan kondisi komponen yang sedang berfungsi
 - a. Thermocouple
 - b. Clamping Cylinder
 - c. Open Nut
 - d. Circlip
 - e. Kumparan
 - f. Kipas
 - g. Sealing
 - h. Electric Motor
 - i. Hopper Flange
2. *Preventive Maintenance/Time Directed* (T.D) : dilakukan pencegahan dengan berdasarkan perhitungan reliability
 - a. Screw
 - b. Crosshead Link
 - c. Seal
 - d. Screening
3. *Proactive Maintenance/Finding Failure* (F.F) : dilakukan pencegahan dengan berdasarkan temuan kerusakan
 - a. Lubrication System
 - b. Hydraulic Ejector

Realibility

Sebelum perhitungan *Realibility* dilakukan data kerusakan komponen perlu diuji distribusinya untuk memenuhi syarat pemakaian *Realibility enggining*. Berdasarkan hasil analisis RCM, maka perhitungan *realibility* hanya didasarkan pada komponen yang bersifat berdasarkan waktu (TD) yaitu *Screw, Crosshead Link, Seal, Screening*. Data yang ada diuji dengan menggunakan 5 pola distribusi, yaitu distribusi weibull, normal, lognormal, gamma dan eksponensial. Pengujian distribusi ini dilakukan dengan menggunakan *software easyfit professional 5.5. goodness of fit* yang digunakan adalah *kolmogorov smirnov*, dengan pengujian ini dapat ditentukan kecenderungan data kerusakan untuk mengikuti pola distribusi tertentu.

Distribusi kerusakan komponen

Penentuan pola distribusi dilakukan dengan perhitungan *goodness of fit* dengan memilih *goodness of fitter* kecil. Berikut ini adalah contoh perhitungan *goodness of fit* salah satu komponen yaitu *Crosshead Link*, untuk komponen yang lain dihitung menggunakan *software Easy Fit 5.5*.

1. Distribusi Normal

- a. Membuat rangking pada waktu antar kerusakan (ti) dari data ke 1 sampai data ke 16

- b. Menghitung nilai F(ti)

$$\text{Rumus} : F(ti) = (i-0,3)/(N+0,4)$$

$$\text{Dimana} : i = \text{Data ke} \\ N = \text{Jumlah Data}$$

Misalnya adalah pada data ke 1, waktu antar kerusakan (ti) adalah 10

$$\begin{aligned} \text{Maka } F(ti) &= (i-0,3)/(N+0,4) \\ &= (1-0,3)/(17+0,4) \\ &= 0.04268 \end{aligned}$$

- c. Menghitung nilai Yi

$$\text{Rumus} : Yi = \Phi(Z)$$

Untuk menghitung Yi didapat dari tabel *Standarized Normal Probabilities*, dimana $Z = F(ti)$

Misalnya adalah pada data ke 1 (ti = 10) $Yi = \Phi(0.04268) = -1.72037$

- d. Menghitung nilai Xi^2

- e. Menghitung Nilai Yi^2

- f. Menghitung Nilai $Xi.Yi$

Tabel Perhitungan Waktu antar Kerusakan Distribusi Normal dari data ke 1 sampai 16 dapat dilihat pada Lampiran 1. Setelah didapat hasil perhitungan waktu antar kerusakan distribusi normal dari data ke 1 – 16, dilakukan perhitungan *goodness of fit* dimana langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

- g. Menghitung nilai Sxy

$$\begin{aligned} Sxy &= N \sum_{i=1}^N XiYi - \left(\sum_{i=1}^N Xi \right) \left(\sum_{i=1}^N Yi \right) \\ &= (16)(33.10277) - (8)(0) \\ &= 529.64432 \end{aligned}$$

- h. Menghitung nilai Sxx

$$\begin{aligned} Sxx &= N \sum_{i=1}^N Xi^2 - \left(\sum_{i=1}^N Xi \right)^2 \\ &= (16)(4004) - (8)^2 \\ &= 64000 \end{aligned}$$

- i. Menghitung nilai Syy

$$\begin{aligned} Syy &= N \sum_{i=1}^N Yi^2 - \left(\sum_{i=1}^N Yi \right)^2 \\ &= (16)(13.19889) - (0)^2 \\ &= 211.18218 \end{aligned}$$

- j. Menghitung nilai *goodness of fit*

$$\begin{aligned} \text{goodness of fit} &= \frac{Sxy}{\sqrt{Sxx.Syy}} \\ &= 0.15589 \end{aligned}$$

Tabel 6. Goodnes of Fit Crosshead Link

Distribusi	Goodnes of Fit
Normal	0.15589
Lognormal	0.13905
Ekponensial	0.18109
Weibull	0.12325

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari hasil perhitungan *Goodnes of Fit* komponen Crosshead Link, distribusi yang dipilih adalah distribusi Weibull 0.12325. untuk perhitungan pemilihan distribusi pada part yang lainnya menggunakan software *easyfit 5.5* karena perhitungan manual satu komponen telah sama dengan perhitungan software.

Perhitungan Parameter

Parameter $\mu = 15.759$ dan nilai $\alpha = 2.34$ pada komponen *Screening* dengan pola distribusi *Normal* didapatkan dari perhitungan manual sebagai berikut :

$$\mu = \frac{\sum x}{n} = \frac{14 + 16 + 17 + \dots + 18 + 17 + 15}{30} = \frac{472}{30} = 15.759$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{(14 - 15)^2 + \dots + (15 - 15)^2}{30 - 1}} = \sqrt{\frac{4604.97}{29}} = 2.34$$

Untuk perhitungan parameter lainnya menggunakan software *easyfit 5.5*. karena hasil perhitungan manual untuk satu komponen telah sama dengan hasil perhitungan software.

Tabel 7. Pola Distribusi Inteval Kerusakan

No.	Komponen	Pola Distribusi	Parameter
1	Screw	Weibull	$\alpha=9.155 \quad \beta=38.395$
2	Crosshead Link	Weibull	$\alpha=3.0071 \quad \beta=16.193$
3	Seal	Normal	$\alpha=2.6155 \quad \mu=17.182$
4	Screening	Normal	$\alpha=2.34 \quad \mu=15.759$

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari pola distribusi masing – masing komponen dapat digambarkan grafik fungsi pola distribusi terpilih dalam penentuan konsep keandalan yaitu :

1. *Probability Density Function*
2. *Cumulative Distribution Function*
3. *Survival Function*
4. *Hazard Function*

Berikut adalah hasil hitung manual komponen *Screening* sedangkan hasil pengujian yang lain cukup menggunakan software *easyfit 5.5*. Gambar 4.3, 4.4, 4.5 dan 4.6 merupakan gambar grafik konsep keandalan dari komponen *Screening* (Distribusi *Normal*, Parameter $\alpha = 2.34 \quad \mu = 15.759$).

Hasil pengujian dengan menggunakan software *Easyfit 5.5* diperoleh distribusi Normal pada komponen *Screening*. Untuk memperoleh *Probability Distribution Function* distribusi normal diperoleh dengan rumus :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Dimana : $\alpha = 2.34 \quad \mu = 15.759$

Dengan menggunakan rumus tersebut maka dapat dihitung nilai $f(x)$ dengan x yang ditentukan untuk memetakan koordinat dari $(x, f(x))$.

Contoh :

$$f(14) = \frac{1}{2.34\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(14 - 15.759)^2}{2 \times 2.34^2}\right) = 0.003683952$$

Untuk perhitungan nilai koordinat y atau $F(x)$ untuk grafik *Cumulative Distribution Function* (CDF) diperoleh dengan cara menjumlahkan atau mengakumulatikan nilai $f(x)$ yang telah dihitung sebelumnya pada grafik *Probability Density Function* (PDF).

Berikut perhitungan manual *Cumulative Distribution Function* (CDF) :

$$F(t) = \exp\left(-\frac{t - \mu}{\sigma}\right) = \exp\left(-\frac{14 - 15.759}{2.34}\right) = 0.001575$$

Sedangkan berikut ini adalah perhitungan *survival Function* :

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\mu}\right)^\alpha\right)$$

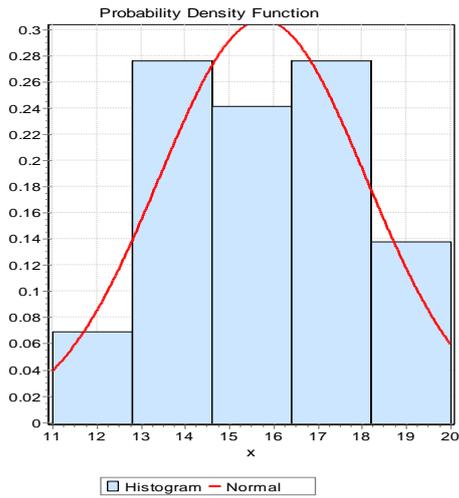
$$R(14) = \exp\left(-\left(\frac{14}{15.759}\right)^{2.34}\right) = 0.99842442$$

Nilai *hazard Function rate* diperoleh dari rumus :

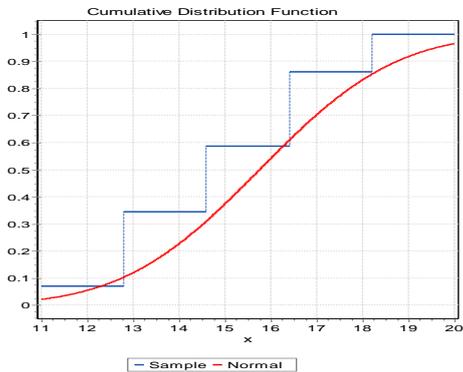
$$h(x) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$$h(x) = \frac{0.003683952}{0.99842442} = 0.003689$$

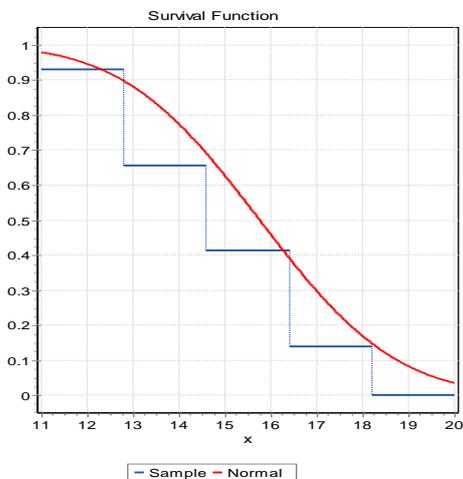
nilai 0.003689 adalah nilai $h(x)$ atau y untuk x sama dengan 28. Untuk nilai yang lain dihitung dengan cara yang sama.



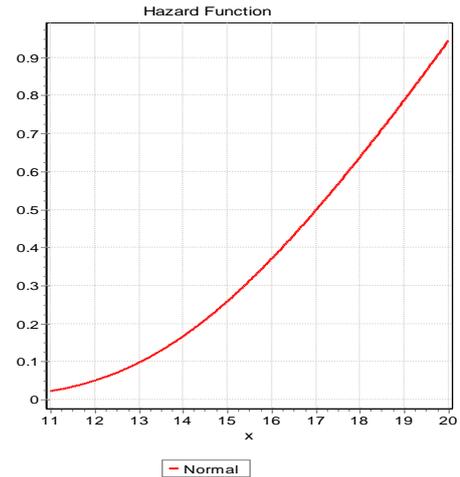
Gambar 5 Probability Density Function Screening



Gambar 6. Cumulative Distribution Function Screening



Gambar 7 Survival Function Screening



Gambar 8 Hazard Function Komponen Screening

Perhitungan MTTF Komponen Kritis

Mean Time to Failure (MTTF) merupakan rata – rata selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan. Untuk perhitungan perolehan dari MTTF ini yaitu dari jumlah keseluruhan nilai interval dibagi dengan jumlah banyaknya data. Perhitungan MTTF untuk masing – masing komponen kritis adalah sebagai berikut :

1. Komponen Screw

Komponen ini berdistribusi Weibull, maka :
 $MTTF = \beta$
 $MTTF = 38.395$
 $MTTF = 38$ hari

2. Komponen Crosshead Link

Komponen ini berdistribusi Normal, maka :
 $MTTF = \beta$
 $MTTF = 16.193$
 $MTTF = 16$ hari

3. Komponen Seal

Komponen ini berdistribusi Normal, maka :
 $MTTF = \mu$
 $MTTF = 17.182$
 $MTTF = 17$ hari

4. Komponen Screening

Komponen ini berdistribusi Normal, maka :
 $MTTF = \mu$
 $MTTF = 15.759$
 $MTTF = 15$ hari

Perhitungan Total Minimum Downtime

T_f merupakan waktu yang diperlukan untuk pergantian komponen karena terjadi kerusakan dan T_p merupakan waktu yang diperlukan untuk pergantian komponen untuk tindakan preventif (berdasarkan interval waktu tertentu).

Tabel 8 Distribusi Kerusakan Komponen

No.	Nama Komoponen	Lama Pergantian	
		Tf (menit)	Tp (menit)
1	Screw	180	150
2	Crosshead Link	120	90
3	Seal	80	50
4	Screening	90	60

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan data tabel 4.11 akan ditentukan *total minimum downtime* sebagai interval pergantian komponen dengan langkah – langkah sebagai berikut :

Perhitungan fungsi Distribusi Kumulatif *Screw* (distribusi Weibull, Parameter $\alpha=9,155$ $\beta=38,395$)

$$1. F(1) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{1}{38.395} \right)^{9.155} \right]$$

$$= 1.55431 \times 10^{-15}$$

Untuk $F(2), F(3), \dots, F(t)$, hasil perhitungan diperoleh dengan mempergunakan Microsoft excel yang dapat dilampiran 4.

2. Perhitungan banyaknya kerusakan dala interval waktu (0, t_p)

Untuk :

$$H(0) = \text{selalu ditetapkan } H(0) = 0$$

$$H(1) = \{1+H(0)\} \times F(t)$$

$$= \{1+0\} \times 1.55431 \times 10^{-15}$$

$$= 1.55431 \times 10^{-15}$$

Untuk $H(2), H(3), \dots, H(t)$, hasil perhitungan diperoleh dengan mempergunakan Microsoft excel yang dapat dilampiran 4.

3. Perhitungan Total Minimum Downtime (TMD)

$$D(t_p = 1) = D(1) = \frac{(0)(0.125) + (0.1041667)}{1 + (0.1041667)}$$

$$= 0.094339623 \text{ hari}$$

$$D(t_p = 2) = D(2)$$

$$= \frac{(1.55431 \times 10^{-15})(0.125) + (0.1041667)}{2 + (0.1041667)}$$

$$= 0.04950495 \text{ hari}$$

Untuk $D(3), D(4), \dots, D(t)$, hasil perhitungan diperoleh dengan mempergunakan Microsoft excel yang dapat dilampiran 4.

4. Dari hasil perhitungan $D(t)$ diperoleh nilai $D(t)$ yang paling minimum adalah pada $D(30)$ dengan nilai 0.003970601. dengan demikian interval pergantian untuk komponen *Screw* adalah 30 hari.

Hasil akhir yang diperoleh adalah berupa interval pergantian komponen. Interval pergantian komponen diperoleh dari nilai $D(t)$ yang paling minimum dimana t merupakan interval untuk pergantian komponen. Berikut ini adalah interval pergantian untuk masing – masing komponen :

1. Screw : 30 hari
2. Crosshead Link : 11 hari
3. Seal : 13 hari
4. *Screening*: 12 hari

Kategori Komponen Berdasarkan LTA

Proses yang dilakukan pada tahap Analisis Cabang Logika (LTA) dengan metode RCM adalah memberikan kategori komponen berdasarkan mode kerusakan yang sudah dibuat pada langkah FMEA.

Tabel 9 Rekapitulasi Kategori Komponen

No.	Kategori	Nama Komponen	Jumlah Part	Persentase
1	A	Kumparan Sealing	2	13.33 %
2	B	Thermocouple Clamping Cylinder Open Nut Circlip Kipas Screw Lubrication System Hydraulic Ejector Crosshead Link Seal Electric Motor Screening	12	80.00 %
3	C atau D	Hopper Flange	1	6.67 %
Total			15	100 %

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel tersebut diperoleh kesimpulan bahwa part yang termasuk dalam kategori safety problem sebesar 13.33 %. Sebagian besar 80.00 % part dalam kategori Outage problem, dan kategori economic problem sebesar 6.67 %.

Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan didasari dengan mempertimbangkan pertanyaan kepada operator dan mekanik yang berperan sebagai petunjuk pemilihan tindakan.

Tabel 10 Rekapitulasi Pemilihan Tindakan

No.	Kategori	Nama Komponen	Jumlah Komponen	Presentase
1	Condition directed	Thermocouple Clamping Cylinder Open Nut Circlip Kumpanan Kipas Sealing Electric Motor Hopper Flange	9	60 %
2	Time directed	Srew Crosshead Link Seal Screening	4	26.67 %
3	Finding Failure	Lubrication System Hydraulic Ejector	2	13.33 %
Total			15	100 %

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Pemilihan tindakan yang dihasilkan berdasar metode RCM yang adalah :

1. Berdasarkan Kondisi (CD), Dalam hal ini part dan komponen yang termasuk dalam kategori berdasarkan kondisi maka akan diterapkan jenis perawatan *Predictive Testing and Inspection*.
2. Berdasarkan Waktu (TD), Komponen dan part yang termasuk dalam kategori waktu akan mendapat jenis perawatan jenis *Preventive Maintenance*.
3. Temuan Kerusakan (FF), Komponen dan part yang termasuk dalam kategori waktu akan mendapat jenis perawatan jenis *Proactive Maintenance*.

Berdasarkan analisis metode *Realibility Centered Maintenance* maka rekomendasi *Predictive Testing and Inspection* untuk komponen yang termasuk berdasarkan kondisi (CD) dibagi menjadi ke dalam tiga bagian perawatan yaitu harian, mingguan dan bulanan

Tabel 11 Jadwal PT&I berdasarkan Condition Directed

No.	Part	Perawatan Harian	Perawatan Mingguan	Perawatan Bulanan
1	Thermocouple	Pemeriksaan suhu lingkungan sekitar mesin dengan pengukur suhu ruangan Pembersihan komponen setelah proses produksi selesai	Periksa pemasangan thermocouple Periksa Blanket Barrel	Pembongkaran Barrel untuk mengecek kondisi part dan komponen
2	Clamping Cylinder	Periksa Kondisi Clamp (korosi) dengan borescope Periksa kadar grease	Periksa pemasangan Clamp pada mesin secara visual Periksa Kondisi Clamp (korosi) dengan borescope	Pembongkaran Barrel untuk mengecek kondisi part dan komponen
3	Open Nut	Pembersihan part setelah proses produksi selesai	Periksa pemasangan Open nut pada mesin secara visual	Pembongkaran Nozzel untuk mengecek kondisi part dan komponen
4	Circlip	Pembersihan part setelah proses produksi selesai	Periksa pemasangan Circlip pada mesin secara visual	Pembongkaran Nozzel untuk mengecek kondisi part dan komponen

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Interval Pergantian Komponen Berdasarkan Total Minimum Downtime (TMD)

Perbandingan antara nilai *downtime* yang diperoleh setelah pengolahan data dibandingkan dengan nilai *downtime* sebelumnya

Tabel 12 Perbandingan Nilai Downtime

No.	Part	Sebelum		Setelah		Tingkat penurunan Nilai Downtime (%)
		Interval Pergantian (Hari)	Downtime (Hari)	Interval Pergantian (Hari)	Downtime (Hari)	
1	Screw	38	0.00617318	30	0.003870601	37.21%
2	Crosshead Link	16	0.0118611	11	0.006153	41.15 %
3	Seal	17	0.00467413	13	0.003557936	24.56%
4	Screening	15	0.00478895	12	0.003739795	29.32 %

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Kaitan Nilai Realibilitas dengan Nilai Downtime

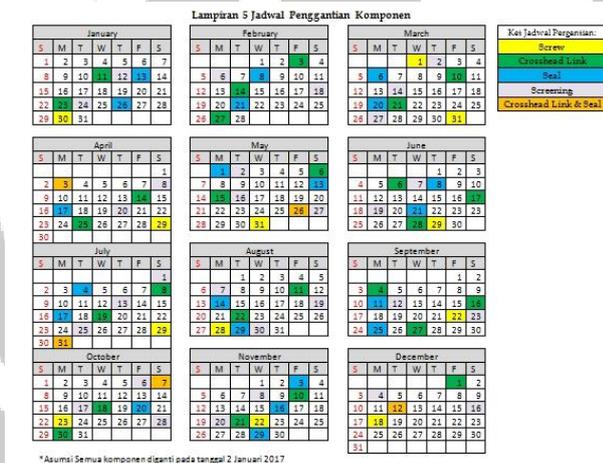
Setiap komponen memiliki nilai Realibilitas sendiri – sendiri. Akan tetapi batasan nilai Realibilitas yang paling efektif untuk diterapkan di pabrik Produksi Plastik memiliki range antara 0.5 – 0.9.

Tabel 13 Nilai Realibilitas dengan Nilai Downtime

No.	Part	Total Minimum Downtime		Realibilitas
		Interval Pergantian (Hari)	Downtime (Hari)	
1.	Screw	30	0.003870601	0.800797732
2.	Crosshead Link	11	0.006153	0.731534679
3.	Seal	13	0.003557936	0.617121268
4.	Screening	12	0.003739795	0.64975277

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Rekomendasi Jadwal Perawatan Berdasarkan Interval Pergantian Komponen



Gambar 9 Jadwal Pergantian Komponen

PENUTUP

Simpulan

- Komponen yang paling kritis adalah part Screw, Crosshead Link, Seal, dan Screening.
- Strategi tindakan perawatan yang harus dilakukan melalui pendekatan RCM yakni :
 - Berdasarkan Kondisi (CD), tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara visual inspection, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Tindakan ini mencapai angka 60%.
 - Berdasarkan Waktu (TD), tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap suber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur part. Komponen dan part yang termasuk dalam kategori waktu akan mendapat jenis perawatan jenis *Preventive Maintenance*. Tindakan ini mencapai angka 26.67%
 - Temuan Kerusakan (FF), tindakan yang bertujuan mengetahui kerusakan part dan komponen berdasarkan temuan kerusakan yang ada. Komponen dan part yang termasuk dalam kategori waktu akan mendapat jenis perawatan

jenis *Proactive Maintenance*. Tindakan ini mencapai angka 13.33%.

- Rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan untuk kategori berdasarkan kondisi (CD) berupa tindakan Inspeksi perawatan yang bersifat harian, mingguan, dan bulanan. Sedangkan untuk kategori berdasarkan waktu (TD), rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan berupa jadwal pergantian komponen berdasarkan interval pergantian yang telah ditentukan.

SARAN

- Berdasarkan hasil dari penelitian yang diperoleh, peneliti menyarankan agar Reliability Centered Maintenance (RCM) ini dapat diterapkan sebagai metode yang digunakan dalam sistem perawatan di PT. Victory Plastic.
- Berdasarkan hasil analisis pemecahan masalah, peneliti menyarankan agar rekomendasi tindakan perawatan dan rekomendasi jadwal perawatan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam sistem perawatan di PT. Victory Plastic.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian (Suatu Pendekatan Praktik)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Corder, Antony. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga.
- Dhillon B.S. 2006. *Maintainability, Maintenance, and Reliability for engineers*. London : CRC Press
- Govil, A.K. 1993. *Reliability Engginering*. New Delhi : Mc Graw Hill Publishing.
- IAEA. 2008. *Application of Reliability Centered Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants*.
- Jardine, A.K.S. 2006. *Maintenance, Replacement and Reliability*. Taylor and Francis Group. New York : LLC
- Moubray, John. 1997. *Reliability Centered Maintenance*. New York : Industrial Press Inc. 2nd edition.
- NASA. 2000. *Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment*.