

Perencanaan Interval Perawatan Mesin *Blow Moulding* Type HBD 1 dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di Perusahaan Manufaktur Plastik

Anggrik Dwi Merari¹, Rina Sandora² dan Tri Andi Setiawan³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : Anggrikmerari@gmail.com

Abstrak

Perusahaan manufaktur plastik yang menjadi objek penelitian merupakan perusahaan bonafit yang bergerak di bidang industri plastik dan industri lainnya yang menggunakan bahan pokok plastik dan fiber glass. Jenis produk yang dihasilkan berupa botol plastik, botol air galon, sikat gigi, mould laminating tube dan plastik tub. Dalam penelitian kali ini, penelitian mengkhususkan pada *Blow Moulding Departement*. Metode RCM memiliki banyak keuntungan antaranya dapat menjadikan program perawatan yang paling efisien dan memiliki biaya perawatan yang rendah, serta meminimasi peluang kegagalan secara mendadak dan meningkatkan umur serta keandalan peralatan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kegagalan, menentukan perawatan yang sesuai serta menentukan interval perawatan yang optimal. Data yang digunakan yaitu data kegagalan Januari 2016 – September 2016, selama periode ini terdeteksi 103 bentuk kegagalan. 7 dari 9 komponen mesin yang kritis karena memiliki nilai RPN yang tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat 5 komponen yaitu Unit Control dengan Preventive maintenance 43 jam, Gripper dengan Preventive maintenance 168 jam, Block Valve Blowing dengan Preventive maintenance 168 jam. Deflashing dengan Preventive maintenance 43 jam dan Extruder dengan Preventive maintenance 168 jam, yang meningkat keandalannya setelah dilakukan Preventive Maintenance dan 2 komponen lainnya, Hydraulic dan Brush protection, tidak memerlukan preventive maintenance karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan keandalannya.

Kata kunci : *Blow Moulding*, Keandalan, Maintenance, Perawatan RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

1. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur plastik yang menjadi objek penelitian merupakan perusahaan bonafit yang bergerak di bidang industri plastik dan industri lainnya yang menggunakan bahan pokok plastik dan fiber glass. Produk yang diproduksi meliputi produk kosmetika, farmasi, makanan dan minuman, barang – barang industri dan lain sebagainya. Jenis produk yang dihasilkan berupa botol plastik, botol air galon, sikat gigi, mould laminating tube dan plastik tub.

Blow moulding merupakan suatu metode mencetak benda kerja berongga dengan cara meniupkan atau menghembuskan udara kedalam material yang menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan *mold* yang tidak menggunakan inti (*core*) sebagai pembentuk rongga tersebut. Material plastik akan keluar secara perlahan dari sebuah *Extruder Head* kemudian setelah cukup panjang kedua belahan *mold* akan dijepit dan menyatu sedangkan bagian bawahnya akan dimasuki sebuah alat peniup (*blow pin*) yang menghembuskan udara ke dalam pipa plastik yang masih lunak, sehingga plastik tersebut akan mengembang dan membentuk seperti bentuk rongga *mould*-nya. Material yang sudah terbentuk akan mengeras dan bisa dikeluarkan dari *mold* hal ini karena *mold* dilengkapi dengan saluran pendingin didalam kedua belahan *mold* yang mempercepat pembekuan material plastik.

Apabila suatu mesin produksi terjadi kerusakan, maka akan sangat berpengaruh terhadap jalannya suatu proses produksi sehingga mengakibatkan terhambatnya produk yang dihasilkan. Maka

untuk mengoptimalkan jalannya mesin produksi dibutuhkan perawatan yang baik terhadap mesin produksi. Salah satu metode yang menerapkan tentang perawatan mesin produksi adalah metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan suatu metode perawatan yang memanfaatkan informasi keandalan suatu fasilitas, untuk memperoleh strategi perawatan yang efektif, efisien dan mudah dilaksanakan.

2. METODOLOGI

Pada tahap ini dilakukan analisis komponen yang telah dikelompokkan berdasarkan nilai tertinggi dari RPN. Kemudian analisis jumlah kerusakan dengan menggunakan diagram pareto lalu dilakukan pencocokan data *Time To Failure (TTF)* dan *Time To Repair (TTR)* dengan pola distribusi *Weibull* dengan menggunakan software minitab 16. Perhitungan nilai *Reliability* dari tiap komponen kritis kemudian perumusan kebijakan pemeliharaan komponen yang memiliki peningkatan nilai keandalan setelah dilakukan *Maintenance* dan penggantian komponen apabila memiliki penurunan nilai keandalan setelah dilakukan *Maintenance* yang terakhir membuat penjadwalan pemeliharaan yang sesuai.

Keandalan merupakan probabilitas dari peralatan atau proses yang berfungsi sesuai peruntukannya tanpa mengalami kegagalan, ketika dioperasikan pada kondisi yang semestinya untuk interval waktu tertentu. Biaya tinggi memotivasi para *engineer* untuk mencari solusi terhadap masalah kehandalan, memuaskan pelanggan dengan pengiriman tepat waktu dengan cara meningkatkan ketersediaan peralatan, dan dengan mengurangi biaya dan masalah yang timbul dari produk-produk yang gagal dengan mudah. Sistem atau peralatan dengan keandalan yang tinggi akan mengurangi biaya kegagalan peralatan. Kegagalan adalah hilangnya suatu fungsi, terutama untuk mencapai tujuan keuntungan perusahaan. Keandalan adalah suatu ukuran dari probabilitas mampu beroperasi yang bebas dari kegagalan dan sering dinyatakan sebagai berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)} = e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

Reliability sistem dengan banyak komponen didefinisikan sebagai berikut :

$$R = R.Component A \times R.Component B \times R.Component C \dots etc \quad (2.2)$$

Fungsi *reliability* yang terdapat dalam distribusi *Weibull* menurut Ebeling (1997,p59)

Reliability function :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2.3)$$

Rumus untuk *Mean Time to Failure* diperoleh :

$$\begin{aligned} MTTF &= \int_0^\infty R(t) dt \\ &= \int_0^\infty e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \\ &= \theta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Menurut (Ebeling, 1997, p104)), keandalan pada saat t dinyatakan sebagai berikut :

$$R_m(t) = R(t) \quad \text{untuk } 0 \leq t < T \quad (2.5)$$

$$R_m(t) = R(T) \cdot R(t-T) \quad \text{untuk } T \leq t < 2T \quad (2.6)$$

$$R_m(t) = R(T)^n \cdot R(t-nT) \quad \text{untuk } nT \leq t \leq (n+1)T \quad (2.9)$$

Untuk laju kerusakan yang konstan : $R(t) = e^{-\lambda t}$ maka,

$$R_m(t) = (e^{-\lambda T})^n \cdot e^{-\lambda(t-nT)}$$

$$R_m(t) = e^{-\lambda t} \cdot e^{-\lambda t} \cdot e^{-\lambda t}$$

$$R_m(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R_m(t) = R(t) \quad (2.10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Maintenance Significant Item (MSI)

Identifikasi *Maintenance Significant Item* (MSI) dilakukan dengan menggunakan data *History record* mesin dan wawancara dengan pihak perusahaan

Tabel 3. 15 Durasi Stoppages Losess (PT. Manufaktur Plastik, 2016)

Penyebab kegagalan	Durasi (jam)
Kegagalan Mesin	3413.25
Material	11.12

Selama waktu produksi pada bulan Januari 2016 – September 2016 telah terjadi kerusakan sebanyak 103 kali yang menyebabkan berhentinya waktu produksi. Dari data tersebut disimpulkan bahwa sebanyak 93% waktu berhentinya produksi disebabkan kegagalan mesin yang setara dengan kehilangan produksi sebanyak 24626.38 produk dan 7 % waktu berhentinya produksi disebabkan kegagalan material yang setara dengan kehilangan produksi sebanyak 1924.615 produk.

3.2 Penaksiran Tugas Preventive Maintenance (PM)

Penaksiran tugas *Preventive Maintenance* dilakukan dengan menggunakan tools *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Untuk mengetahui faktor-faktor penyebab mana saja yang menjadi penyebab terbesar dari *Machine Problem* maka dipergunakan tools FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*).

Besarnya nilai RPN dipengaruhi tiga hal yaitu, *severity* atau tingkat bahaya, *occurrence* atau frekuensi kejadian dan *detection* atau potensi deteksi.

Tabel 3. 16 Cause and Effect Analysis

No	Equipment	Function	Functiona l failure	Cause	S	O	D	RPN
1	Block valve blowing	Sebagai katup pemotong	Blowing tidak sampai press 80 bar	Valve blowing tertutup afal, blowing kotor	5	3	7	105
2	Punch neck bottom	Untuk memotong afval	Variable tidak motong	Penahan punch bottom posisi tidak tepat	5	3	2	30
3	Gripper	Untuk mencekam mould	Gripper macet	Cylinder gripper putus	5	4	6	120
4	Dehumidifier	Open material	Kepekaan pressure switch berkurang	Dehumidifier tidak normal	4	3	4	48
5	Extruder	Pendorong material input dari hoper ke die head	Extrude tidak on	Endapan material di screw, filter kotor	4	3	6	72
6	Brush protection	Sikat perlindungan	Over melt pressure	Brush protection bocor	5	3	4	60

7	Deflashing	Penurunan material	Deflashing tidak normal	As cylinder penekan putus, deflashing tertutup afval	6	4	5	120
8	Hydrolic	System pencekaman cetakan, pengaturan gerakan silinder	Tidak bisa bergerak	Temperature hydrolic terlalu panas	6	6	6	216
9	Unit control	Kabel penghubung dan unit pengontrol	Macet, mesin tidak basic	Kalibrasi tidak pas, kabel putus	7	5	6	210

3.3 Pengelompokan Komponen Mesin

Komponen yang dipilih adalah komponen yang apabila terjadi kegagalan akan mengganggu jalannya produksi dan menyebabkan mesin berhenti berproduksi. Dibawah ini adalah table data kegagalan komponen berdasarkan dari hasil nilai RPN yang tinggi.

Tabel 4. 17 Data Kegagalan Komponen

No	Komponen	Frekuensi kegagalan	Frekuensi kumulatif	Presentase kumulatif
1	Unit control	28	28	27.00%
2	Gripper	21	49	47.50%
3	Block valve blowing	18	67	65.00%
4	Deflashing	12	79	76.60%
5	Hydrolic	10	89	86.40%
6	Extruder	8	97	94.17%
7	Brush protection	6	103	100.00%

3.4 Pengolahan Data Waktu Kerusakan Mesin

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan peningkatkan *Reliability* komponen

3.4.1 Komponen *Unit Control*

Komponen *Unit Control* merupakan komponen – komponen yang berfungsi untuk mengontrol pergerakan tiap – tiap komponen mulai dari mesin menyala, saat mesin berproduksi dan saat perintah mesin mati semua diatur oleh *Unit Control*.

A. Perhitungan MTTR dan MTTF

Menentukan nilai MTTR dan nilai MTTF untuk menentukan kemampuan perawatannya. Kemampuan perawatan (*Maintebility*) yaitu suatu peluang dari suatu alat akan beroperasi kembali dalam periode perawatan tertentu setelah kegiatan perawatan dilakukan sebelumnya. Berikut ini adalah perhitungan MTTR dan MTTF dari komponen *Unit Control*.

a. MTTF

Untuk menentukan nilai parameter dari distribusi *Weibull* didapatkan dengan bantuan *Software MINITAB 16*. Untuk MTTF *Unit Control* nilai shape parameter (β) bernilai 0.7975 dan scale parameter (θ) 180.7.

$$\begin{aligned}
 \text{MTTF} &= \theta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) \\
 &= 180.7 \Gamma(1/0.7971+1) \\
 &= 180.7 \Gamma(2.2545)
 \end{aligned}$$

$$= 180.7 (1.13300)$$

$$= 204.73 \text{ Jam}$$

b. MTTR

Untuk menentukan nilai parameter dari distribusi *Weibull* didapatkan dengan bantuan *Software MINITAB 16*. Untuk MTTR *Unit Control* nilai shape parameter (β) bernilai 0.9352 dan scale parameter (θ) 1.680.

$$MTTR = \theta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$$

$$= 1.680 \Gamma(1/0.9352 + 1)$$

$$= 1.680 \Gamma(2.06)$$

$$= 1.680 (1.02687)$$

$$= 1.725 \text{ Jam}$$

B. Perhitungan Reliability *Unit Control*

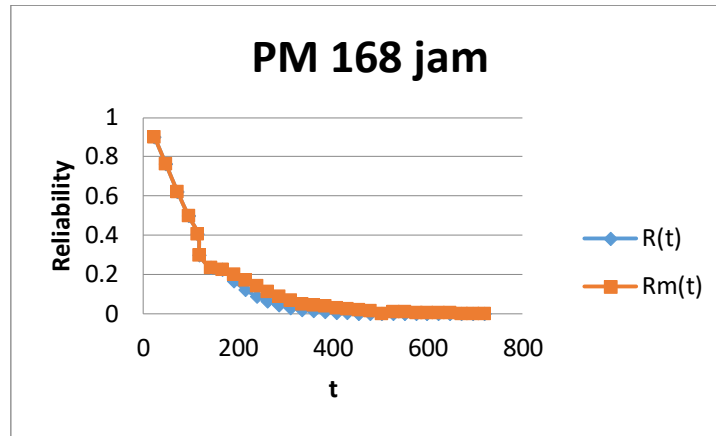
Penentuan nilai parameter dari *Weibull* dilakukan menggunakan *Software Minitab 16* dari *Histogram* diketahui bahwa *weibull distribution* dari TBF *Unit Control* memiliki nilai shape parameter (β) bernilai 1.358 dan scale parameter (θ) 125. Sehingga didapatkan nilai *reliability* komponen *Unit Control* untuk tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan nilai waktu kelipatan 24 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai *reliability* sebelum dan sesudah *Preventive maintenance* setiap 7 hari atau 168 jam pada tabel 3.4.

Tabel 3. 18 Reliability komponen *Unit control* dengan PM setiap 168 jam

t (jam)	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t- nT)	Rm(t) %
24	0.89912	0	24	1.0000	0.89912	0.89912
48	0.76142	0	48	1.0000	0.76142	0.76142
72	0.62330	0	72	1.0000	0.6233	0.6233
96	0.49724	0	96	1.0000	0.49724	0.49724
116.142	0.40458	0	116.142	1.0000	0.40458	0.40458
120	0.29768	0	120	1.0000	0.29768	0.29768
144	0.23278	0	144	1.0000	0.23278	0.23278
168	0.2245	1	0	0.2245	1.0000	0.2245
192	0.16681	1	24	0.2245	0.89912	0.20185
216	0.12227	1	48	0.2245	0.76142	0.17094
240	0.08849	1	72	0.2245	0.62330	0.13993
264	0.0633	1	96	0.2245	0.49724	0.11163
288	0.04478	1	120	0.2245	0.38830	0.08717

312	0.03135	1	144	0.2245	0.29768	0.06683
-----	---------	---	-----	--------	---------	---------

Apabila dibandingkan dengan nilai keandalan tanpa PM, $R(192)$ bernilai 16.681% maka terlihat bahwa nilai keandalan dengan PM, $R_m(192)$ bernilai 20.185% meningkat sebesar 3.5% peningkatan keandalan tersebut dapat dilihat pada gambar grafik 3.1.



Gambar 3.1 Peningkatan Reliability dengan siklus PM 168 jam.

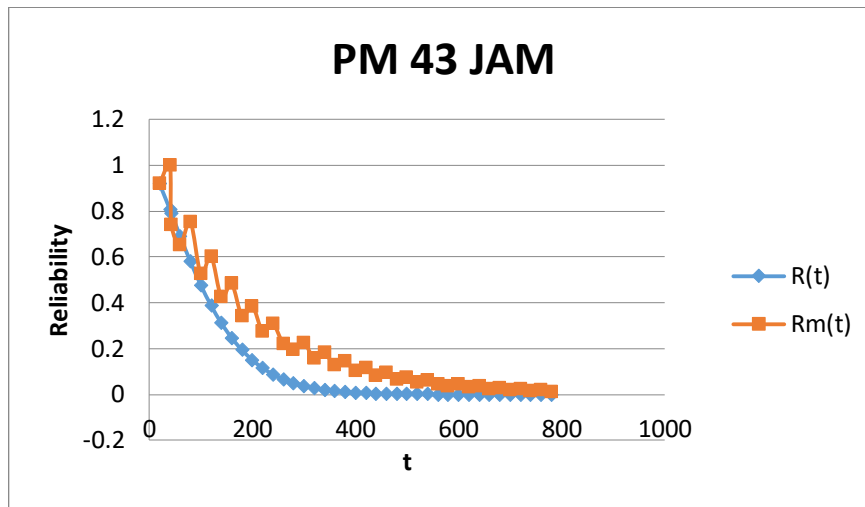
Dari grafik tersebut terlihat adanya peningkatan reliability dengan adanya PM setiap 168 jam. Namun kenaikan reliability dengan interval 168 jam hanya kecil sehingga peneliti mencoba mensimulasikan kembali perhitungan reliability dengan melakukan PM pada tingkat reliability 90% untuk terus meningkatkan keandalannya hingga diasumsikan komponen akan diganti apabila keandalannya sudah mencapai 10%. Dari perhitungan untuk mempertahankan keandalan komponen pada tingkat 90% maka komponen harus dipelihara dalam siklus PM 43 jam. Berikut adalah tabel 3.5 simulasi keandalannya.

Tabel 3. 19 Reliability komponen Unit Control dengan PM setiap 43 jam

t (jam)	R(t)	n	t-nT	$R(T)^n$	R(t- nT)	Rm(t) %
20	0.9203390	0	20	1.0000000	0.9203390	0.9203390
40	0.8083270	0	40	1.0000000	1.0000000	1.0000000
43	0.7907700	1	0	0.7907700	0.9355940	0.7398397
60	0.6913940	1	17	0.7907700	0.8257920	0.6530115
80	0.5795860	1	37	0.7907700	0.9501420	0.7513438
100	0.4778300	2	14	0.6253172	0.8431190	0.5272168
120	0.3883010	2	34	0.6253172	0.9638100	0.6026870
140	0.3115320	3	11	0.4944821	0.8602530	0.4253797
160	0.2470600	3	31	0.4944821	0.9763650	0.4827950
180	0.1938570	4	8	0.3910216	0.8771330	0.3429779
200	0.1506200	4	28	0.3910216	0.9874450	0.3861123
220	0.1159530	5	5	0.3092081	0.8936900	0.2763362

240	0.0884950	5	25	0.3092081	0.9963660	0.3080845
260	0.0669880	6	2	0.2445125	0.9098420	0.2224678
280	0.0503150	6	22	0.2445125	0.7966300	0.1947860
300	0.0375120	6	42	0.2445125	0.9254940	0.2262949
t (jam)	R(t)	n	t-nT	R(T)^n	R(t- nT)	Rm(t) %
320	0.0277700	7	19	0.1933532	0.8141610	0.1574206
340	0.0204180	7	39	0.1933532	0.9405300	0.1818545
360	0.0149140	8	16	0.1528979	0.8315860	0.1271477
380	0.0108260	8	36	0.1528979	0.9548060	0.1459878
400	0.0078100	9	13	0.1209071	0.8488540	0.1026324
420	0.0056020	9	33	0.1209071	0.9681330	0.1170541
440	0.0039950	10	10	0.0956097	0.8659110	0.0827895

Pada hasil peningkatan keandalan 43 Jam terlihat bahwa keandalan komponen dapat mencapai 90% dan *life time* mencapai 420 jam pada saat keandalan dibawah 10%. Hasil peningkatan keandalan tersebut dapat dilihat pada gambar grafik 3.2.



Gambar 4. 13 Peningkatan reliability dengan siklus PM 43 Jam

Dari grafik terlihat bahwa dengan interval PM 43 jam tingkat keandalan komponen meningkat signifikan. Apabila dilihat dari faktor biaya maka dengan asumsi komponen akan diganti pada saat keandalan mencapai 10%. Dengan biaya gaji teknisi perhari Rp. 109.600 dan biaya penggantian komponen Rp. 1.000.000, didapatkan perbedaan biaya dari kedua interval PM tersebut.

Tabel 3. 20 Estimasi Perbandingan Biaya pemeliharaan Komponen Unit Control

Interval PM (Jam)	Life Time (hari)	Biaya Teknisi (Tahun)	Biaya penggantian komponen	Total biaya 1 tahun
168	11	Rp. 5.714.857	Rp.33.181.818	Rp.38.896.675
43	21	Rp. 20.002.000	Rp.17.380.952	Rp.37.382.952

Dari perbandingan biaya tersebut terlihat bahwa dengan interval PM 43 Jam maka didapatkan biaya yang lebih rendah dengan penghematan biaya (*cost saving*) 4.05%.

3. 5 Usulan Penugasan *Preventive Maintenance*

3.5.1. Penugasan *Preventive Maintenance Unit Control*

Komponen *Unit Control* akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan *Interval* 43 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

- a. *Check Instalasi Listrik Panel*
- b. Periksa kondisi selang dan kabel yang ada di mesin dari yang terlepas, terjepit, sobek atau rusak. Jika ada yang rusak disarankan untuk segera mengganti yang baru.
- c. Lakukan kalibrasi ulang.

3.5.2. Penugasan *Preventive Maintenance Gripper*

Komponen *Gripper* akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan *Interval* 168 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

- a. *Grease Nipple & Central Lub*
- b. *Check Cylinder Gripper*
- c. *Check kabel Proximity*
- d. Kencangkan baut *Gripper*
- e. Bersihkan *Cylinder take off* jika terdapat afal

3.5.3. Penugasan *Preventive Maintenance Block Valve Blowing*

Komponen *Block Valve Blowing* akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan *Interval* 168 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

- a. *Check/ isi Nitrogen (N2)*
- b. *Check Hose Hydraulic/ Pneumatik/ filter pneumatic*
- c. *Check & bersihkan blowpin* apakah ada afal yang mongering
- d. Bersihkan *Block Valve Blowing*
- e. Kalibrasi *Blowpin*
- f. Kalibrasi kabel *Conection transduser blowpin*

3.5.4. Penugasan *Preventive Maintenance Deflashing*

Komponen *Deflashing* akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan *Interval* 43 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

- a. *Check system pressure*
- b. Bersihkan *Deflashing*
- c. Kencangkan *as Cylinder*
- d. *Check soket proximity rotary*

3.5.5. Penugasan *Preventive Maintenance Extruder*

Komponen *Extruder* akan dilakukan *Preventive Maintenance* dengan *Extruder* 168 jam dengan kegiatan pemeliharaan sebagai berikut :

- a. Bersihkan *Extruder*
- b. *Check Ampere Motor Extruder*
- c. *Check Rpm Motor Extruder*

4. KESIMPULAN

1. Identifikasi kegagalan

Analisis yang dilakukan adalah dengan menggunakan *tools Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan melihat hasil nilai RPN >50.

2. Interval perawatan

Dari hasil perhitungan *Mean Time Between Failure* dapat dihitung tingkat *Reliability* sebelum dan sesudah melakukan *Preventive Maintenance* dengan asumsi komponen yang akan diganti apabila keandalannya sudah mencapai 10%. Sehingga didapatkan interval pemeliharaan untuk komponen:

1. *Unit Control* yang akan dilakukan PM 43 jam dengan *Life time* 21 hari
2. *Gripper* yang akan dilakukan PM 168 jam dengan *Life time* 5 hari
3. *Block Valve Blowing* yang akan dilakukan PM 168 jam dengan *Life time* 8 hari
4. *Deflashing* yang akan dilakukan PM 43 jam dengan *Life time* 32 hari
5. *Extruder* yang akan dilakukan PM 168 jam dengan *Life time* 8 hari

Dapat meningkatkan keandalan dan perkiraan umur operasi komponen, sedangkan untuk 2 komponen yaitu *Hydrolic* dan *Brush Protection* tidak memerlukan *Preventive Maintenance* karena hanya akan menimbulkan biaya tanpa meningkatkan keandalannya. Sehingga perusahaan sebaiknya menyiapkan operator *maintenance* yang baik untuk dapat merespon dengan cepat bila terjadi kerusakan (*Reactive maintenance*) dan menyiapkan *stock* yang tepat untuk penggantian komponen.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ebeling, C.E.,1997.*An Indtroduction reliability and maintainability engineering*. Singapore,The MC. Reinhold Company Inc.
- Lewis, E. E.,1987. *Introduction to Reliability Engineering*. Canada,John Wiley and S ons.
- Lee, J, dkk.,2013. Development of Computerized Facility Maintenance Management System Based on Reliability Centered Maintenance and Automated Data Gathering. *International Journal of Control and Automation*, 6 (1).
- Louit, D.M, R. Pascual, dkk. ,2009. A Practical Procedure for The Selection of Time-To-Failure Models Based on The Assessment of Trends in Maintenance data, *Reliability Engineering and System Safety. Jurnal Department Of Mechanical and Industrial Engineering*, 4 (001).
- Rasindyo, M.R,dkk.,2015.Analisi kebijakan perawatan mesin cincinnati dengan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance di PT. Dirgantara Indonesia. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*,1 (03), pp 400-410.
- Nurida, R, Nia. R.,2015. Perhitungan dan Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Hongde Y-26 Fine Blanking Hidraulic Press 500T. *Tugas Akhir Teknik Desain dan Manufaktur*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Selvik, J.T, dkk.,2011.A Framework For Reliability and Risk Centered Maintenance, *Reliability Engineering and System Safety. Jurnal University Of Stavanger*, 96 (2), pp 324-331.
- Widyarningsih, S.A.,2011. *Perencanaan Penjadwalan Pemeliharaan pada Mesin Produksi Bahan Bangunan untuk Meningkatkan Keandalan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Universitas Indonesia.
- Wulandari, D.C. ,2014. *Perencanaan Interval Mesin CNC Flam Cutting dengan metode Reliability Centered Mantenance di PT Boma Bisma Indra (persero) pasuruan*. Tugas Akhir Desain dan Manufaktur: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.