

STRATEGI PERAWATAN PADA MESIN AMUT 1 DENGAN KONSEP TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

(Studi kasus: PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri, Pandaan, Jawa Timur)

MAINTENANCE STRATEGY FOR AMUT 1 MACHINE WITH A CONCEPT OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

(Case study: PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri, Pandaan, East Java)

Tabita Nurlestari¹⁾, Arif Rahman²⁾, Rakhmat Himawan³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

E-mail: tabitanurlestari@gmail.com¹⁾, posku@ub.ac.id²⁾, himawan@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Strategi perawatan yang sesuai dengan kebutuhan komponen mesin dapat mengurangi besar losses dan meningkatkan produktivitas proses produksi. Mesin produksi cup plastik AMUT 1 merupakan salah satu peralatan thermoforming di perusahaan manufaktur penghasil cup air mineral yang akan dievaluasi efektivitasnya, dikarenakan memiliki nilai downtime yang besar. Pengukuran efektivitas mesin AMUT 1 dapat dilakukan dengan perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai OEE yang didapatkan dari perkalian rasio availability, performance dan quality selama tahun 2012 adalah 53.921%. Adapun losses yang paling berpengaruh adalah speed losses (75.566%) dan breakdown losses (24.349%) dari total time loss. Berdasarkan analisis menggunakan FMEA, dapat diketahui komponen prioritas yang paling berpengaruh berdasarkan nilai RPN tertinggi dan akan diperbaiki strategi perawatan komponen prioritas tersebut dengan konsep TPM, antara lain busy belt, stacking error, granulator bermasalah, mesin kurang pelumas, sheet terjepi lantai, heater error, dan permasalahan pada pompa cooling extruder.

Kata kunci: Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Failure Mode and Effect Analysis, Strategi Perawatan, Total Productive Maintenance

1. Pendahuluan

Di dunia industri dikenal dengan suatu produk yang merupakan hasil dari suatu proses yang berkesinambungan. Proses tersebut membentuk sistem yang saling terkait satu sama lain. Hal ini dapat disebut sebagai sistem produksi yang terdiri dari masukan (*input*), proses operasi dan keluaran (*output*). Dalam usaha untuk memenuhi keluaran yang diinginkan, perusahaan akan mengusahakan agar fasilitas dapat digunakan secara optimal sehingga kegiatan produksi dapat berjalan dengan lancar. Untuk menjaga kelancaran dan kontinuitas kegiatan produksi tersebut dibutuhkan kegiatan perawatan. Menurut Sudradjat (2011), perawatan adalah suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. Peranan ini dapat dicapai dengan cara mengurangi kemacetan atau kendala sekecil mungkin, sehingga sistem dapat bekerja secara efisien. Namun seringkali yang kerap terjadi adalah kelalaian dan biasanya perawatan baru diingat apabila kerusakan dan kendala telah

terjadi dalam sistem produksi yang menyebabkan penambahan biaya perawatan. Seandainya perawatan dilakukan secara menyeluruh dan teratur maka akan berguna untuk menjamin kontinuitas proses produksi dan umur dari fasilitas produksi itu sendiri.

Kerugian yang dihasilkan dapat berupa meningkatnya biaya perawatan dan biaya peluang yaitu biaya yang dikeluarkan akibat hilangnya kesempatan untuk melakukan proses produksi dikarenakan perawatan yang ada.

Kerugian yang terjadi akibat dari biaya peluang ini sangat signifikan. Perusahaan akan kehilangan kesempatan untuk memenuhi seluruh permintaannya, bahkan perusahaan tidak dapat memiliki *stock*. Hal ini dikarenakan apabila mesin sering *downtime* dan penerapan strategi perawatan yang tidak sesuai pada komponen mesin, tentu akan mengakibatkan terganggunya proses produksi sehingga target produksi yang tidak terpenuhi. Walaupun permintaan terpenuhi, tetapi tidak tepat waktu atau terlambat dalam memenuhi pesanan.

PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri telah mendistribusikan hasil produksinya untuk memenuhi kebutuhan perusahaan Air Minum

Dalam Kemasan (AMDK) PT. Tirta Bahagia pada beberapa cabang, yaitu Pandaan, Nganjuk, Sumenep, Bali, Jawa Tengah, Banjarmasin, dan Balikpapan. Hal ini tentu saja mengakibatkan tingginya permintaan *cup* yang harus diproduksi oleh PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri. Karena tingginya permintaan, maka mesin-mesin produksi terus beroperasi selama 24 jam dalam 1 hari. Apabila mesin beroperasi 24 jam dalam 1 hari dan dioperasikan sesuai dengan *ideal cycle time* mesin, seharusnya perusahaan dapat memenuhi target permintaannya, tetapi yang terjadi adalah permintaan tidak dapat terpenuhi (*cup* yang diproduksi kurang, sehingga perusahaan harus membagi rata jumlah *cup* yang diproduksi dengan jumlah konsumen yang membutuhkan).

Salah satu permasalahan yang sering terjadi di PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri adalah terhambatnya proses produksi diakibatkan mesin produksi yang tiba-tiba tidak dapat berfungsi dan harus dilakukan kegiatan perawatan. Perusahaan memiliki beberapa mesin dalam pembuatan *cup plastic*, seperti mesin pembuat *sheet*, AMUT 1, AMUT 2, AMUT 3, *crusher*. Mesin yang paling sering digunakan yaitu mesin *thermoforming* yang *parallel* seperti AMUT 1, AMUT 2 dan AMUT 3, mesin ini digunakan secara terus menerus untuk membentuk *sheet* menjadi *cup plastic*. Mesin ini memiliki *downtime* paling besar dibandingkan mesin produksi lainnya, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Downtime* Mesin

Mesin	Total Downtime (2012) dalam menit
Mesin Pembuat <i>Sheet</i>	6050
AMUT 1	54323
AMUT 2	51432
AMUT 3	41184
<i>Crusher</i>	7235

Adapun mesin yang digunakan untuk memproduksi *cup plastic* hanya 3 yaitu AMUT 1, AMUT 2 dan AMUT 3, ketiga mesin di PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri akan terus menerus beroperasi selama 24 jam, perawatan hanya akan dilakukan apabila terdapat kerusakan mesin yang menyebabkan terhentinya proses produksi (mesin mati). Apabila terjadi kerusakan mesin pada shift malam, maka akan diusahakan diperbaiki, namun apabila tetap rusak maka yang dioperasikan hanya mesin dalam kondisi baik saja. Perawatan akan dilakukan selama yang

dibutuhkan untuk memperbaiki mesin tersebut. Dari Tabel 1.1 di atas dapat diketahui bahwa mesin AMUT 1 mengalami *total downtime* tertinggi bila dibandingkan dengan mesin-mesin yang lain dalam PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri. Maka studi kasus penelitian ini akan berfokus pada mesin AMUT 1.

Salah satu pendekatan yang dapat untuk digunakan adalah konsep *Total Productive Perawatan* (TPM). Hal ini dikarenakan konsep TPM dengan delapan pilar dapat mengoptimalkan produktivitas peralatan atau material pendukung kegiatan kerja, dan memperhatikan bagaimana meningkatkan produktivitas dari para pekerja atau operator yang nantinya akan memegang kendali peralatan tersebut. (Nakajima, 1988).

Selain itu digunakan metode OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Hal ini dikarenakan OEE dapat melakukan pengukuran tingkat efektivitas pemakaian suatu peralatan atau sistem dengan mengikutsertakan beberapa sudut sesuai dengan standar JIPM (Stephen, 2004).

Sedangkan perhitungan dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dilakukan untuk memecahkan permasalahan yang ditemukan dan pemilihan komponen prioritas dengan nilai RPN tinggi (Blanchard, 1997). Hal ini dikarenakan FMEA dapat mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan pengaruh kegagalan yang saling berhubungan (Villacourt, 1992).

Berdasarkan RPN tertinggi, dipilih jenis strategi perawatan yang sesuai dengan nilai *severity*, *occurance* dan *detection* masing-masing komponen. (Nebl dan Pruess, 2006)

2. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan strategi perawatan yang sesuai dengan komponen mesin AMUT 1 dengan konsep TPM.

Berikut merupakan penjelasan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Studi Lapangan (*Field Research*)

Metode ini digunakan dimana peneliti terjun ke lapangan untuk memperoleh data sebenarnya mengenai permasalahan strategi perusahaan, khususnya manajemen perawatan.

2. Studi Literatur (*Library Research*)

Metode ini digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan mempelajari

literature serta membaca sumber-sumber data informasi lainnya (buku cetak dan jurnal ilmiah).

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami suatu persoalan agar dapat diberikan solusi pada permasalahan perawatan tersebut.

4. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi permasalahan, dilanjutkan dengan merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan, yaitu bagaimana strategi perawatan yang terbaik.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian perlu ditetapkan agar penulisan skripsi dapat dilakukan sistematis, tidak menyimpang dari permasalahan dan mengukur keberhasilan penelitian ditentukan serta berdasarkan perumusan masalah.

6. Perhitungan OEE

Data yang diperoleh pada pengumpulan data, digunakan untuk menentukan nilai *availability*, *performance*, dan *quality*. Setelah mendapatkan nilai *availability*, *performance*, dan *quality*, dilakukan perhitungan nilai OEE dengan rumus $OEE = availability \times performance \times quality$. Selanjutnya dilakukan perhitungan *six big losses* dari tiga rasio OEE.

7. Perhitungan FMEA

Dilakukan dengan mengidentifikasi *failure*, *failure mode* dan *failure effect*, perhitungan *severity*, *occurrence* dan *detection*.

8. Analisis dan Pembahasan

Dalam analisis dan pembahasan dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan jenis strategi perawatan pada beberapa komponen prioritas dengan nilai RPN tertinggi, dapat berupa *preventive*, *predictive*, maupun *corrective*. Selanjutnya dilakukan analisis dan rekomendasi strategi perawatan dengan delapan pilar TPM pada setiap komponen.

9. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan proses mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian baik data sekunder yang dimiliki PT.

Niaga Sejahtera Plastik Industri maupun data primer berdasarkan pengamatan langsung dan wawancara pihak berkepentingan di perusahaan.

Data jumlah produksi tahun 2012 dapat dilihat di Tabel 2. Data jumlah cacat dan sisa tahun 2012 dapat dilihat di Tabel 3. Data jam kerja dapat dilihat di Tabel 4. Data *downtime* mesin AMUT 1 dapat dilihat di Tabel 5.

Tabel 2. Data Historis Jumlah Produksi Tahun 2012

Periode	Hasil Produksi Cup Plastic 2012
Januari	9,158,930
Februari	0
Maret	25,656,310
April	9,291,560
Mei	25,591,490
Juni	25,408,580
Juli	30,845,520
Agustus	1,136,800
September	11,942,230
Oktober	29,908,014
November	30,619,011
Desember	20,266,530
Total	219,824,975

Tabel 3. Data Historis Jumlah Cacat (*Reject*) dan Sisa (*Waste*) Tahun 2012 Mesin AMUT 1

Periode	Produk Reject 2012 (cup)	Produk Waste 2012 (kg)
Januari	0	1,016.3
Februari	0	0
Maret	124,909	2,110.5
April	20,045	105.4
Mei	27,152	140
Juni	6,667	0
Juli	5,303	560
Agustus	1,970	0
September	0	0
Oktober	1,364	623.2
November	0	238.2
Desember	0	86.2
Total	187,409	5,079.8

Tabel 4. Data Historis Jumlah Jam Kerja Tahun 2012

Periode	Waktu Kerja				Waktu Kerja (Menit)
	Hari	Shift/Hari	Jam/Shift	Over time	
1	25	3	8	0	36,000
2	27	3	8	0	38,880
3	25	3	8	0	36,000
4	26	3	8	0	37,440
5	26	3	8	0	37,440
6	27	3	8	0	38,880
7	26	3	8	0	37,440
8	22	3	8	0	31,680
9	27	3	8	0	38,880
10	26	3	8	0	37,440
11	26	3	8	0	37,440
12	26	3	8	0	37,440
Total	309	36	96	0	444,960

Tabel 5. Data Historis *Downtime* Mesin AMUT 1 Tahun 2012

Bulan (2012)	Lama Kerusakan AMUT 1 dalam menit
Januari	4,796
Februari	0 (mesin sengaja dimatikan)
Maret	6,620
April	5,924
Mei	4,274
Juni	6,975
Juli	5,969
Agustus	969
September	2,327
Oktober	5,295
November	4,301
Desember	6,873
Total	54,323

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Hasil OEE

Dilakukan perhitungan *availability rate*, *performance rate*, *rate of quality*, dan nilai OEE dari data yang didapatkan.

Rumus dan perhitungan *availability rate* bulan Januari 2012:

$$Availability\ Rate\ (AR) = \frac{waktu\ operasi}{waktu\ loading} \times 100\% \quad (\text{pers.1})$$

Keterangan:

Waktu operasi = waktu *loading-downtime*

Waktu loading = waktu kerja + waktu lembur

$$Availability\ Rate\ (AR) = \frac{36000 - 4796}{36000} \times 100\%$$

$$Availability\ Rate\ (AR) = 86.678\%$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Availability Rate*

Periode	Waktu Loading (Menit)	Downtime (Menit)	AR (%)
Januari	36000	4796	86.678
Maret	36000	6620	81.611
April	37440	5924	84.177
Mei	37440	4274	88.584
Juni	38880	6975	82.060
Juli	37440	5969	84.057
Agustus	31680	969	96.941
September	38880	2327	94.015
Oktober	37440	5295	85.857
November	37440	4301	88.512
Desember	37440	6873	81.643
Rata-rata			87.845

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bawa nilai *availability rate* pada tahun 2012 belum memenuhi standar JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) yang bernilai 90%. Namun pada bulan Agustus dan September telah memenuhi standar JIPM. Berikut adalah Gambar 1 Grafik *availability rate*.



Gambar 1. Grafik *Availability Rate*

Rumus dan perhitungan *performance rate* bulan Januari 2012:

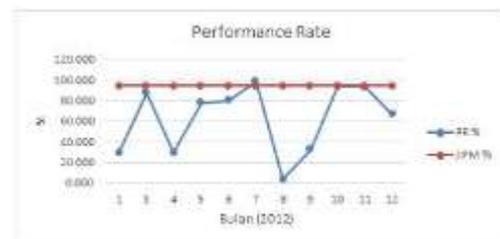
$$Performance\ Rate\ (PR) = \frac{hasil\ produksi}{ideal\ cycle\ time \times waktu\ operasi} \times 100\% \quad (\text{pers.2})$$

$$Performance\ Rate\ (PR) = \frac{9158930}{990 \times (36000 - 4796)} \times 100\% = 29.65\%$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Performance Rate*

Periode	Input (cup)	Cycle Time (cup/ mnt)	Load- ing (mnt)	Down time (mnt)	PR %
Januari	9,158,930	990	36000	4,796	29.648
Maret	25,656,310	990	36000	6,620	88.208
April	9,291,560	990	37440	5,924	29.780
Mei	25,591,490	990	37440	4,274	77.941
Juni	25,408,580	990	38880	6,975	80.443
Juli	30,845,520	990	37440	5,969	99.003
Agustus	1,136,800	990	31680	969	3.739
September	11,942,230	990	38880	2,327	33.001
Oktober	29,908,014	990	37440	5,295	93.981
November	30,619,011	990	37440	4,301	93.329
Desember	20,266,530	990	37440	6,873	66.972
Rata-rata					63.277

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bawa nilai *performance rate* pada tahun 2012 tidak memenuhi standar JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) yang berhilai 95%. Dari perhitungan *performancerate* Tabel 4.6 di atas dapat diketahui pada bulan Juli nilai *performance rate* nya cukup tinggi di atas standar 95% namun pada bulan Agustus nilai *performance rate* nya sangat rendah yaitu 3.739%. Berikut adalah Gambar 2 Grafik *performance rate*.



Gambar 2. Grafik *Performance Rate*

Rumus dan perhitungan *rate of quality* bulan Januari 2012:

$$Rate\ of\ Quality\ (ROQ) = \frac{jumlah\ input - jumlah\ cacat}{jumlah\ input} \times 100\% \quad (\text{pers.3})$$

$$Rate\ of\ Quality\ (ROQ) = \frac{28421 - 0}{28421} \times 100\% = 100\%$$

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Rate of Quality*

Periode (2012)	Jumlah Input (cup)	Jumlah Cacat (cup)	RQ %
Januari	9,158,930	0	100
Maret	25,656,310	124,909	99.513
April	9,291,560	20,045	99.784
Mei	25,591,490	27,152	99.894
Juni	25,408,580	6,667	99.974
Juli	30,845,520	5,303	99.983
Agustus	1,136,800	1,970	99.827

Lanjutan Tabel 8. Perhitungan Rate of Quality

Periode (2012)	Jumlah Input (cup)	Jumlah Cacat (cup)	RQ %
September	11,942,230	0	100
Oktober	29,908,014	1,364	99.995
November	30,619,011	0	100
Desember	20,266,530	0	100
Rata-rata			99.906

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bawa nilai *rate of quality* pada tahun 2012 sudah memenuhi standar JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) yang berhilai 99%, kecuali pada bulan Februari dimana mesin sengaja dimatikan. Berikut adalah Gambar 3 Grafik *rate of quality*.



Gambar 3. Grafik Rate of Quality

Rumus dan perhitungan OEE bulan Januari 2012:

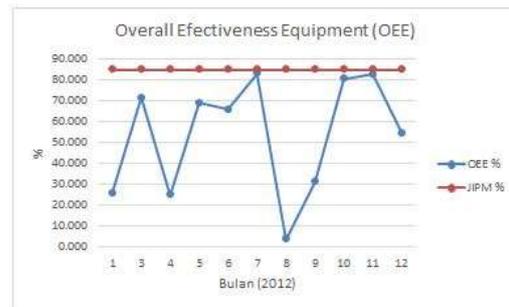
$$OEE = AR \times PR \times RQ \quad (\text{pers.4})$$

$$OEE = (0.867 \times 0.296 \times 1) \times 100\% = 25.698\%$$

Tabel 9 Hasil Perhitungan OEE

Periode (2012)	AR	PR	RQ	OEE	OEE %
Januari	0.867	0.296	1	0.257	25.698
Maret	0.816	0.882	0.995	0.716	71.623
April	0.842	0.298	0.998	0.250	25.013
Mei	0.886	0.779	0.999	0.690	68.970
Juni	0.821	0.804	1	0.660	65.994
Juli	0.841	0.990	1	0.832	83.204
Agustus	0.969	0.037	0.998	0.036	3.618
September	0.940	0.330	1	0.310	31.026
Oktober	0.859	0.940	1	0.807	80.686
November	0.885	0.933	1	0.826	82.608
Desember	0.816	0.670	1	0.547	54.677
Rata-rata					53.921

Dapat diketahui pada Tabel 9 besar nilai rata-rata OEE selama tahun 2012 adalah 53.912% dan berada di bawah standar JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) sebesar 85%. Sehingga nilai tersebut harus ditingkatkan agar mencapai minimal 85%. Berikut adalah Gambar 4 Grafik nilai OEE.



Gambar 4. Grafik Nilai OEE

Dari gambar 4 diatas dapat diketahui pada bulan Januari, April, Agustus, September dan Desember tidak lebih dari 65% yang berarti tidak dapat diterima. Untuk bulan Maret, Mei, dan Juni 2012 nilai OEE cukup baik dan ada kecenderungan peningkatan. Untuk bulan Juli, Oktober dan November sangat bagus dan melanjutkan hingga *world class level*. Dimana menurut Hansen (2001) dalam perhitungan OEE dapat dikategorikan menjadi jika <65%, tidak dapat diterima, jika 65-75%, cukup baik hanya ada kecenderungan adanya peningkatan tiap kuartalnya, sedangkan 75-85%, sangat bagus.

4.2 Analisis Hasil Six Big Losses

1. Losses pada Availability Rate

Pada rasio terdapat *breakdown losses* dan *setup and adjustment losses*.

Rumus dan perhitungan *breakdown losses* pada bulan Januari 2012:

$$Breakdown Losses = \frac{\text{waktu downtime}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (\text{pers.5})$$

$$Breakdown Losses = \frac{4796}{36000} \times 100\% = 13.322\%$$

Tabel 10. Hasil Perhitungan Persentase Breakdown Losses

Bulan (2012)	Downtime (menit)	Loading (menit)	Breakdown Losses (%)
Januari	4,796	36,000	13.322
Maret	6,620	36,000	18.389
April	5,924	37,440	15.823
Mei	4,274	37,440	11.416
Juni	6,975	38,880	17.940
Juli	5,969	37,440	15.943
Agustus	969	31,680	3.059
September	2,327	38,880	5.985
Oktober	5,295	37,440	14.143
November	4,301	37,440	11.488
Desember	6,873	37,440	18.357
TOTAL	54,323	444,960	

Dari Tabel 10 di atas dapat diketahui nilai *breakdown losses* tertinggi yaitu pada bulan Maret 2012 sebesar 18.389%, sedangkan nilai terendah yaitu pada bulan Agustus 2012 sebesar 3.059%.

Rumus dan perhitungan *setup and adjustment losses* bulan Januari 2012:

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{\text{waktu setup}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (\text{pers.6})$$

$$\text{Setup and Adjustment Losses} = \frac{0}{36000} \times 100\% = 0\%$$

Nilai yang dihasilkan 0, hal ini dikarenakan mesin AMUT 1 pada PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri memerlukan waktu *setup* hanya pada awal hari dan nilainya tidak signifikan sehingga *losses* terbesar dipengaruhi oleh *breakdown losses*

2. Losses pada Performance Rate

Pada rasio terdapat *idling and minor stoppage losses* dan *speed losses*.

Rumus dan perhitungan *idling and minor stoppage losses* pada bulan Januari 2012:

$$\text{Idling and Minor Stoppage Losses} = \frac{\text{non productive}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (\text{pers.7})$$

$$\text{Idling and Minor Stoppage Losses} = \frac{0}{36000} \times 100\% = 0\%$$

Nilai yang dihasilkan 0, hal ini dikarenakan mesin AMUT 1 pada PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri menggunakan *generator set* sehingga tidak terpengaruhi oleh pemadaman listrik (nilai tidak signifikan) dan *losses* terbesar dipengaruhi oleh *speed losses*.

Rumus dan perhitungan *speed losses* pada bulan Januari 2012:

$$\text{Speed Losses} = \frac{\text{waktu operasi} - (\text{ideal cycle time} \times \text{hasil produksi})}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (\text{pers.8})$$

$$\text{Speed Losses} = \frac{31204 - (0,0010101 \times 9,158,930)}{36000} \times 100 = 60,979\%$$

Tabel 11. Hasil Perhitungan Persentase *Speed Losses*

Bulan	Hasil Produk (cup)	Loading (mnt)	Waktu Operasi (mnt)	Ideal Cycle Time (mnt/cup)	Speed Losses %
Januari	9,158,930	36,000	31,204	0,0010101	60,979
Maret	25,656,310	36,000	29,380	0,0010101	9,624
April	9,291,560	37,440	31,516	0,0010101	59,109
Mei	25,591,490	37,440	33,166	0,0010101	19,541
Juni	25,408,580	38,880	31,905	0,0010101	16,049
Juli	30,845,520	37,440	31,471	0,0010101	0,838
Agustus	1,136,800	31,680	30,711	0,0010101	93,317
September	11,942,230	38,880	36,553	0,0010101	62,989
Oktober	29,908,014	37,440	32,145	0,0010101	5,168
November	30,619,011	37,440	33,139	0,0010101	5,905
Desember	20,266,530	37,440	30,567	0,0010101	26,965
TO-TAL	219,824,975	444,960	390,637		

Besarnya nilai *speed losses* dikarenakan terlalu seringnya mesin *down* pada saat sedang beroperasi, padahal menurut *ideal cycle time*, mesin AMUT 1 seharusnya dapat menghasilkan 990 cup setiap menitnya. Untuk nilai *speed losses* tertinggi terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 93.317%.

3. Losses pada Rate of Quality

Pada rasio terdapat *quality defect losses* dan *yield losses*.

Rumus dan perhitungan *quality defect losses* pada bulan Januari 2012:

$$\text{Quality Defect Losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{jumlah produk cacat produksi}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (\text{pers.9})$$

$$\text{Quality Defect Losses} = \frac{0,0858 \times 0}{36000} \times 100\% = 0\%$$

Tabel 12. Hasil Perhitungan Persentase *Quality Defect*

Bulan (2012)	Reject (cup)	Loading (menit)	Cycle Time (menit/cup)	Quality Defect %
Januari	0	36,000	0,00101	0
Maret	124,909	36,000	0,00101	0,350
April	20,045	37,440	0,00101	0,054
Mei	27,152	37,440	0,00101	0,073
Juni	6,667	38,880	0,00101	0,017
Juli	5,303	37,440	0,00101	0,014
Agustus	1,970	31,680	0,00101	0,006
September	0	38,880	0,00101	0
Oktober	1,364	37,440	0,00101	0,004
November	0	37,440	0,00101	0
Desember	0	37,440	0,00101	0
TO-TAL	187,409	444,960		

Rumus dan perhitungan *yield losses* pada bulan Januari 2012:

$$\text{Yield Losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{jumlah produk cacat saat setting}}{\text{waktu loading}} \times 100\% \quad (\text{pers.10})$$

$$\text{Yield Losses} = \frac{0,0858 \times 0}{36000} \times 100\% = 0\%$$

Hasil *yield losses* yang tidak signifikan dikarenakan tidak ada percobaan bahan baku pada produksi cup di mesin AMUT 1. Sehingga *losses* terbesar dipengaruhi oleh *Quality Defect and Required Losses*.

Perhitungan *time losses* pada bulan Januari 2012:

$$\text{Breakdown Losses (jam)} = \frac{\text{presentase breakdown losses}}{100} \times \text{waktu loading}$$

$$\text{Breakdown Losses (jam)} = \frac{13,322}{100} \times 36000 = 4796$$

Tabel 13. Hasil Rekap Persentase Kumulatif *Time Losses Six Big Losses 2012*

<i>Six Big Losses</i>	Total Time Losses (jam)	Persentase %	Persentase Kumulatif %
Breakdown losses	54323	24.349	24.349
Setup and adjustment losses	0	0	24.349
Idling and minor stoppage losses	0	0	24.349
Speed losses	168591.571	75.566	99.915
Quality defect and required losses	189.302	0.085	100
Yield losses	0	0	100
TOTAL	223103.873	100	

Analisis terhadap perhitungan *six big losses* dilakukan untuk mengetahui besar kontribusi masing-masing faktor dalam mempengaruhi tingkat efektivitas penggunaan mesin AMUT 1. Waktu kerja yang tersedia untuk melakukan proses produksi tahun 2012 adalah sebesar 444960 jam, diketahui PT. Niaga Sejahtera Plastik Industri tidak memiliki *overtime* dan tidak menunggu *order* datang, sehingga waktu *loading* nya sama dengan waktu kerja. Dengan waktu *loading* sebesar 444960 jam hanya 390637 jam yang tersedia untuk digunakan produksi karena terdapat waktu henti mesin (*breakdown losses*) sebesar 54323 jam (444960-54323). Hal ini akan berdampak pada waktu efektif *performance rate*. Pada *performance rate* seharusnya terdapat 390637 jam yang dapat digunakan untuk mesin beroperasi, namun dikarenakan adanya *speed losses* sebesar 168591.571 jam sehingga yang dapat digunakan untuk beroperasi sebesar 222045.429 jam (390637-168591.571). Untuk *rate of quality* seharusnya dapat menggunakan 222045.429 jam, tetapi dikarenakan adanya *quality defect and required losses* sebesar 189.302 jam maka waktu efektif operasi hanyalah 221856.127 jam (222045.429-189.302). Gambar 5 merupakan gambar *time loss* pada mesin AMUT 1.



Gambar 5. *Time Losses* pada Mesin AMUT 1

Dapat diketahui bahwa keseluruhan *loading time* yang tersedia adalah 444960 jam

dan *losses* terbesar yang berpengaruh pada produktivitas mesin AMUT 1 adalah *speed losses time* sebesar 168591.571 jam. Selanjutnya adalah *breakdown losses* sebesar 54323 jam, terakhir adalah *quality defect* sebesar 189.302 jam.

4.3 Analisis Hasil FMEA

Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi pada setiap *failure* atau kegagalan yang terjadi pada mesin AMUT 1, maka dilakukan analisis dengan metode FMEA. Adapun hasil FMEA didapatkan dari *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan, khususnya manajer operasional. Adapun hasil rekap kegagalan FMEA di Lampiran A.

Adapun setiap *failure* sebagai penyebab *losses* yang terjadi terdapat pada Lampiran B.

Nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* serta RPN masing-masing kegagalan, dimana rumus RPN terdapat pada Lampiran C.

$$RPN = SxOxD \quad (\text{pers.11})$$

4.4 Penentuan Jenis Strategi Perawatan

Penentuan strategi pada 7 komponen prioritas (nomor yang tertera didapatkan dari Tabel 4.18) dengan nilai RPN tertinggi (diatas 100) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Busy belt* (no.8), RPN bernilai 150
 Sesuai *flowchart* di Gambar 2.2 maka dapat digunakan *preventive maintenance*. Hal ini dikarenakan tindakan dan waktu perawatan dapat didefinisikan sesuai *failure* yang terjadi, dalam hal ini dapat dilakukan pendefinisian waktu perawatan dan tindakan perawatan (pembersihan) yang sesuai untuk membersihkan area sensor mesin sehingga *belt* tidak *stuck/busy*. Diketahui bahwa *occurance* bernilai 10 dimana sering terjadi kerusakan dan memiliki dampak yang cukup lama (bernilai 5) sehingga yang paling ekonomis adalah *preventive maintenance*.
2. *Stacking error* (no.9), RPN bernilai 140
 Sesuai *flowchart* di Gambar 2.2 maka dapat digunakan *predictive maintenance*. Hal ini dikarenakan tindakan, teknik dan parameter perawatan dapat didefinisikan sesuai *failure* yang terjadi. Permasalahan ini disebabkan mesin terlalu berat, *stacking* kendor/kotor sehingga apabila *stacking* kendor, dapat langsung dilakukan strategi perawatan *predictive* terhadap komponen. Karena nilai *detection* yang tinggi, dan dapat dilakukan *monitoring* sebelum kerusakan maka yang

- paling ekonomis adalah *predictive maintenance*.
3. *Granulator*/penggiling bijih plastik bermasalah (no.17), RPN bernilai 135
 Sesuai *flowchart* di Gambar 2.2 maka dapat digunakan *predictive maintenance*. Hal ini dikarenakan tindakan, teknik dan parameter perawatan dapat didefinisikan sesuai *failure* yang terjadi. Permasalahan ini disebabkan adanya *sheet* yang terjepit, area dan panel yang error/kotor sehingga dapat langsung dilakukan strategi perawatan *predictive* terhadap komponen apabila diketahui komponen kotor. Karena nilai *detection* yang tinggi dan dapat dilakukan *monitoring* sebelum kegagalan, maka yang paling ekonomis adalah *predictive maintenance*.
 4. Mesin kurang pelumas (no.7), RPN bernilai 126
 Sesuai *flowchart* di Gambar 2.2 maka dapat digunakan *preventive maintenance*. Hal ini dikarenakan tindakan dan waktu perawatan dapat didefinisikan sesuai *failure* yang terjadi, dalam hal ini dapat dilakukan pendefinisian waktu perawatan dan tindakan perawatan (pengisian pelumas) yang sesuai untuk menghindari rantai depan mesin yang kering. Karena nilai *severity* yang tinggi (bernilai 9), dan nilai *detection* tinggi (bernilai 7) maka pilihan strategi yang paling ekonomis adalah *preventive maintenance*.
 5. *Sheet* terjepit rantai (no.4), RPN bernilai 126
 Sesuai *flowchart* di Gambar 2.2 maka dapat digunakan *predictive maintenance*. Hal ini dikarenakan tindakan, teknik dan parameter perawatan dapat didefinisikan sesuai *failure* yang terjadi. Permasalahan ini disebabkan adanya ketidaksesuaian suhu dengan kekencangan rantai sehingga dapat langsung dilakukan strategi perawatan (pembersihan) *predictive* terhadap komponen apabila diketahui telah kendor/suhu tidak sesuai. Karena nilai *detection* tinggi, maka pilihan strategi yang paling ekonomis dilakukan adalah *predictive maintenance*.
 6. *Heater error* (no.12), RPN bernilai 126
 Sesuai *flowchart* di Gambar 2.2 maka dapat digunakan *corrective maintenance* karena ditentukan perawatan dengan pekerjaan perbaikan rehabilitative, hal ini dikarenakan operator dapat memperbaiki kabel, sekering setelah diketahui adanya kerusakan. Hal ini juga dipengaruhi oleh nilai *occurance* yang

- tinggi, sehingga dilakukan perbaikan setelah adanya kerusakan (*corrective*).
7. Permasalahan pada pompa *cooling extruder* (no.1), RPN bernilai 100
 Sesuai *flowchart* di Gambar 2.2 maka dapat digunakan *preventive maintenance*. Hal ini dikarenakan tindakan, teknik dan parameter perawatan dapat didefinisikan sesuai *failure* yang terjadi, apabila mesin sudah tinggi utilitasnya, sebaiknya operator mengecek keadaan pompa air, karena perbaikan membutuhkan waktu yang cukup lama. Hal ini dipengaruhi juga dengan tingginya nilai *severity* dan *detection*, dikarenakan tidak dapat dilakukan *monitoring* sebelum kegagalan sehingga pilihan strategi yang paling ekonomis adalah *preventive maintenance*.

4.5 Analisis TPM

Delapan pilar yang mendukung keberhasilan TPM dalam meningkatkan produktivitas sebagai rekomendasi perbaikan yang dilakukan pada rendahnya nilai OEE (53.912%) mesin AMUT 1. Rekomendasi delapan pilar TPM akan dilakukan pada 7 komponen prioritas yang memiliki nilai RPN tertinggi (diatas 100).

1. *Busy belt* (no.8) dengan RPN bernilai 150
Busy belt adalah kegagalan dimana *belt stuck* (tidak beroperasi semestinya) dikarenakan area sensor (penentu gerak untuk urutan proses pada mesin *thermoforming*) kotor sehingga menyebabkan seringnya frekuensi *downtime* dan penurunan kecepatan mesin. Penyebab utama hal ini adalah area sensor mesin yang kotor, maka perbaikan yang mungkin adalah di *reset* ulang (*autonomous maintenance*). Selain itu penyebab lainnya adalah terdapat cup yang menyangkut dan perbaikannya berupa pembersihan *belt* (*autonomous maintenance*), dimana kedua penyebab ini dapat mengakibatkan mesin tidak berfungsi dan macet. Pembersihan area sensor supaya tidak harus me-*reset* ulang mesin dapat dilakukan secara *preventive* yaitu sekali dalam 1 *shift*, dilakukan diawal *shift* (konsep *seiso* pada 5S). Apabila dilakukan strategi perawatan ini, diharapkan dapat menyebabkan penurunan nilai *breakdown losses* dan *speed losses* pada mesin AMUT 1.
2. *Stacking error* (no.9) dengan RPN bernilai 140

- Stacking error* adalah permasalahan mesin *down* dan penurunan kecepatan mesin diakibatkan mesin yang bekerja terlalu berat (*overload*) sehingga *stacking* menjadi error dan kendor ataupun area *stacking* yang kotor. *Stacking* adalah bagian yang mengontrol ketinggian *cup* yang ditumpuk (tumpang tindih) dan jumlah *cup* sesuai kebutuhan. Perbaikan yang mungkin untuk permasalahan ini adalah dengan *autonomous maintenance* (memperbaiki *set stacking*, mengembalikan mesin kembali ke posisi *zero point/reset* ulang dan melakukan pengencangan terhadap *stacking* yang kendor). Strategi *predictive* dapat diambil sebelum terjadinya kegagalan, seperti: melakukan pembersihan pada *stacking* sekali dalam setiap *shift* dan memberikan waktu istirahat pada mesin apabila mesin beroperasi terlalu berat (*planned maintenance*). Selain itu perbaikan dalam 5S, khususnya *seiso* adalah operator melakukan pembersihan area *stacking*, dan dengan konsep *seiketsu* adalah operator juga dapat melakukan pengencangan secara langsung apabila *stacking* kendor (*predictive*). Dengan rekomendasi perbaikan ini, diharapkan dapat menyebabkan penurunan nilai *breakdown losses* dan *speed losses* pada mesin.
3. *Granulator*/penggiling bijih plastik bermasalah (no.17) dengan RPN bernilai 135
Permasalahan yang terjadi pada *granulator* dapat menyebabkan berkurangnya kecepatan mesin untuk menggiling bijih plastik yang disebabkan oleh *sheet* tersangkut di *granulator*/penggiling bijih plastik. Hal ini tentu saja menyebabkan *speed losses* pada mesin. Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan ialah menjaga kebersihan pada *granulator* secara *predictive* apabila dilihat mesin beroperasi cukup berat. Pembersihan pada *granulator* membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga dilakukan secara *predictive* sesuai kebutuhan mesin. Adapun *autonomous maintenance* yang dapat dilakukan adalah melepaskan *sheet* yang tersangkut dan membersihkan area *granulator*, *inverter* dan panelnya. Pembersihan dapat dilakukan dengan menggunakan alat dan cairan khusus (*kaizen*). Apabila dilakukan diharapkan dapat menurunkan *speed losses*.
 4. Mesin kurang pelumas (no.7) dengan RPN bernilai 126
Adapun penyebab kegagalannya dikarenakan *grease* pada rantai depan mesin *thermoforming* kering disertai dengan karat, yang dapat mengakibatkan mesin berbunyi kasar dan komponen mesin akan cepat rusak. Hal ini menyebabkan *speed losses* (berkurangnya kecepatan padam mesin) pada mesin. Untuk mengantisipasi hal tersebut, beberapa perbaikan yang dapat dilakukan antara lain dilakukan pengolesan *grease* dan pengecekan keadaan rantai setiap 7 hari, apabila *grease* kering, maka ditambahkan *grease* pada rantai, namun apabila rantai telah karatan dan keropos, segera dilakukan penggantian rantai. Bila perlu dilakukan pengecatan rantai supaya tidak karatan (*autonomous maintenance* dan *kaizen*) sehingga tidak menimbulkan *downtime* yang tinggi. Apabila rekomendasi dilakukan diharapkan dapat mengurangi nilai *speed losses* pada mesin AMUT 1.
 5. *Sheet terjepit* rantai (no.4) dengan RPN bernilai 126
Kegagalan ini disebabkan oleh *sheet* tidak berbentuk sehingga menyangkut di rantai, efek kegagalan yang terjadi adalah konveyor berhenti dan harus menggulung *sheet* secara manual. Dikarenakan rantai terdapat pada bagian konveyor berfungsi untuk menggerakkan *sheet* agar dapat tergulung. Hal ini menyebabkan *breakdown losses* pada mesin. Hal yang menyebabkan tersangkutnya *sheet* pada mesin adalah ketidak sesuaian antara *sheet* dengan kekencangan rantai. Oleh karena itu dilakukan perbaikan *autonomous maintenance* dengan membuka dan membersihkan cover rantai, melepas *sheet* pada *conveyor*, tutup dan pasang kembali cover rantai, serta mengatur kekencangan rantai. Adapun upaya pencegahan (*kaizen*) berupa pengaturan suhu *sheet* sebelum masuk ke proses lebih lanjut dari *thermoforming* (200°C - 400°C). Apabila rekomendasi dilakukan diharapkan dapat mengurangi nilai *breakdown losses* pada mesin AMUT 1
 6. *Heater error* (no.12) dengan RPN bernilai 126
Heater adalah pemanas yang berfungsi memanaskan *sheet* sehingga mempermudah pembentukan. Penyebab kegagalannya adalah kabel menempel di busbar

(komponen penghantar listrik yang dapat memadai arus dan tegangan kapasitas besar), ampere heater tidak stabil, ataupun fuse (sekering, pemutus arus listrik jika berlebihan) perlu diganti. Hal ini menyebabkan *breakdown losses* dan *speed losses* pada mesin. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat menggunakan *autonomous maintenance* dimana operator segera cek kabel heater yang terlepas, menempel di busbar, ganti kabel apabila putus. (karena frekuensinya tinggi, maka dilakukan *corrective action*). Selain itu dengan konsep *kaizen* perusahaan dapat menggunakan *stabilizer* listrik khusus mesin-mesin pabrik, seperti merk *Matsuyama*, dll sehingga mesin tidak gampang rusak akibat arus listrik yang tidak stabil. Apabila rekomendasi dilakukan, diharapkan dapat mengurangi nilai *breakdown losses* dan *speed losses* pada mesin AMUT 1.

7. Permasalahan pada pompa *cooling extruder* (no.1) dengan RPN bernilai 100

Kerusakan pada motor pompa ini disebabkan oleh pompa yang seharusnya menstabilkan suhu tidak berfungsi sehingga *molding/cetakan* tidak dingin (terlalu panas) berakibat pada proses *thermoforming*. Terdapat sirkulasi air sebagai pendingin agar *sheet* yang dihasilkan tidak lengket, bening dan mengkilap. Hal ini menyebabkan *breakdown losses* pada mesin. Dilakukan *preventive maintenance*, berupa pengecekan mesin saat *warming up* (piranci, *pin plate*, selang *hydraulic*, gear pump, dan baut *stacket*) yaitu setiap 1 hari sekali diawal hari, sehingga mengurangi kerusakan yang terjadi. Apabila rekomendasi dilakukan, diharapkan dapat mengurangi nilai *breakdown losses* pada mesin AMUT 1.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Rata-rata tingkat efektivitas mesin AMUT 1 pada bulan Januari 2012-Desember 2012 adalah 53.912%.
2. *Losses* yang memberikan pengaruh paling signifikan terhadap efektivitas mesin AMUT 1 adalah *speed losses time* sebesar 168,591.571 jam diikuti oleh *breakdown losses* sebesar 54323 jam.
3. Komponen prioritas yang memberikan pengaruh paling signifikan yang memiliki

nilai RPN > 100, terhadap besarnya *losses* pada mesin AMUT 1 dapat dilihat di Tabel 4.26 bahwa kegagalan yang memberikan kontribusi terbesar pertama bernilai 150 pada kegagalan no.8 yaitu *busy belt*. Kegagalan kedua bernilai 140 yaitu no.9 yaitu *stacking error*. Kegagalan ketiga bernilai 135 yaitu no.17 *granulator/penggiling* bijih plastik bermasalah. Kegagalan keempat bernilai 126 yaitu no.7 adalah mesin kurang pelumas. Kegagalan kelima bernilai 126 yaitu no.4 adalah *sheet* terjepit rantai. Kegagalan keenam bernilai 126 yaitu no.12 adalah *heater error*. Kegagalan ketujuh bernilai 100 yaitu no.1 adalah permasalahan pada motor pompa *cooling extruder*.

4. Strategi perawatan yang sesuai dengan komponen prioritas pada mesin AMUT 1 adalah sebagai berikut:

- a. Untuk *predictive maintenance*, yaitu komponen *stacking error*, *granulator error*, dan *sheet* terjepit rantai. Hal ini dikarenakan tindakan, teknik dan parameter perawatan dapat didefinisikan sesuai *failure* yang terjadi.
- b. Untuk *corrective maintenance*, yaitu *heater error* karena ditentukan perawatan dengan pekerjaan perbaikan *rehabilitative*. Hal ini dikarenakan operator dapat memperbaiki setelah melihat kerusakan yang dihasilkan.
- c. Untuk *preventive maintenance*, yaitu *busy belt*, mesin kurang pelumas, permasalahan pada pompa *cooling extruder*. Hal ini dikarenakan perawatan dengan interval waktu sangat diperlukan dimana *failure* memiliki nilai *occurance* yang kecil.

5. Rekomendasi perbaikan produktivitas sesuai implementasi TPM pada komponen mesin AMUT 1 berdasarkan prioritas RPN tertera pada Tabel 14 berikut:

Tabel 14. Hasil Rekap TPM

Komp. Prioritas	Jenis Strategi	Rekomendasi Perbaikan	Losses
1	<i>Busy belt</i>	<i>Preventive Maintenance</i> Reset ulang (<i>autonomous maintenance</i>) Pembersihan <i>belt</i> , <i>area sensor</i> (1 kali/shift)	<i>Break-down losses</i> , <i>Speed losses</i>

Lanjutan Tabel 14. Hasil Rekap TPM

Komp. Prioritas	Jenis Strategi	Rekomendasi Perbaikan	Losses
2	Stacking error	Predictive Maintenance Perbaiki <i>set stacking</i> , kembalikan mesin <i>zero point</i> , <i>reset</i> ulang, pengencangan (<i>autonomous maintenance</i>) Pembersihan <i>stacking</i> 1 kali setiap shift Pemberian waktu istirahat mesin/pengencangan secara <i>predictive</i>	Break-down losses, Speed losses
3	Granulator	Predictive Maintenance Menjaga kebersihan secara <i>predictive</i> (menggunakan cairan khusus) Melepas <i>sheet</i> tersangkut, bersihkan <i>granulator, inventer (autonomous maintenance)</i>	Speed losses
4	Kurang pelumas	Preventive Maintenance Pengolesan <i>grease</i> dan pengecekan rantai setiap 7 hari Penggantian, pengecatan	Speed losses
5	Sheet terjepit rantai	Predictive Maintenance Membuka dan membersihkan <i>cover</i> rantai, melepas <i>sheet</i> , kekencangan rantai (<i>autonomous maintenance</i>)	Break-down losses
6	Heater error	Corrective Maintenance Operator cek kabel <i>heater</i> lepas, menempel di busbar, mengganti kabel (<i>corrective</i>) Menggunakan <i>stabilizer</i> listrik	Break-down losses, Speed losses
7	Motor pompa cooling extruder	Preventive Maintenance Pengecekan mesin saat <i>warming up</i> (1 hari sekali)	Break-down losses

Daftar Pustaka

Blanchard, S.Benjamin. (1997), "An Enhanced Approach for Implementing Total Productive Maintenance in the Manufacturing Environment", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Volume 3.

Nakajima, Seiichi. (1988), "Introduction to Total Productive Maintenance", 1st Edition, Productivity Press, Inc, Cambridge, Massachusetts.

Nebl and Pruess. (2006), "*Theodor and Henning puess, anlagenwirtschaft, oldenbourg verlag*", http://www.emeraldinsight.com/content_images/fig/1060230501011.png, diakses tanggal 30 September 2013.

Stephens, Matthew.P. (2004), *Productivity and Reliability Based Maintenance Management*, Pearson Education Inc, New Jersey.

Sudradjat, Ating. (2011), *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*, Retika Aditama, Bandung.

Villacourt, Mario. (1992), "FMEA" <http://www.sematech.org/docubase/document/0963beng.pdf>, diakses tanggal 1 November 2013.

Lampiran

Lampiran 1 Hasil Rekap Kegagalan FMEA

No	Failure	Failure Mode	Failure Effect
1	Permasalahan pada pompa cooling <i>extruder</i> yang tidak berfungsi	Motor pompa pendorong yang tidak berfungsi (sirkulasi air terhambat)	<i>Molding</i> /cetakan tidak dingin (terlalu panas) berakibat pada proses <i>thermoforming</i>
2	<i>Sheet</i> tidak bagus	Kurangnya tekanan dan panas (<i>pressure</i> dan <i>heat</i> pada mesin)	<i>Sheet</i> tidak dapat digunakan (dihancurkan)
3	<i>Thermoregulator</i> error	Kerusakan pada <i>coil valve</i>	Tidak bisa mengatur suhu pada mesin (baik listrik hidup/mati) Start ulang pengaturan <i>thermoregulator</i>
4	<i>Sheet</i> terjepit rantai	<i>Sheet</i> tidak berbentuk rapi sehingga menyangkut di rantai	Konveyor berhenti Menggulung <i>sheet</i> manual
5	<i>Heater</i> yang tidak sesuai	Suhu <i>heater</i> terlalu tinggi	Dinding <i>cup</i> buram <i>Neck cup</i> terlalu tipis
		Suhu <i>heater</i> terlalu rendah	Dinding <i>cup</i> terlalu jernih <i>Neck cup</i> terlalu tebal <i>Sheet</i> terkondensasi
		<i>Plug-assist</i> tidak rata	<i>Flowmark</i> pada <i>cup</i>
		Adanya <i>cup</i> yang menempel pada <i>plug-assist</i>	Bibir <i>cup</i> tidak rata
7	Mesin kurang pelumas	Grease pada rantai depan mesin <i>thermoforming</i> kering Karat pada rantai	Mesin berbunyi kasar, lambat, dan komponen akan cepat rusak Mesin <i>slow respon</i> , <i>black spot</i> pada produk
8	<i>Busy belt</i>	Area sensor kotor Sisa <i>cup</i> menyangkut	Area sensor harus di <i>reset</i> Mesin macet
9	<i>Stacking error</i>	Mesin terlalu berat beroperasi, harus di <i>reset/zero point</i> <i>Stacking</i> kendur	Produk berantakan
		Area <i>stacking</i> kotor	Produk terkontaminasi debu
10	<i>Haul off callender error</i>	Kabel <i>encoder</i> lepas	<i>Sheet</i> tersangkut dan mesin <i>error</i>
11	<i>Extruder</i> bermasalah	<i>Cylo</i> kotor	<i>White spot</i>
		<i>Hooper</i> terkontaminasi debu	
12	<i>Heater error</i>	Kabel menempel di <i>busbar</i> Ampere <i>heater</i> tidak stabil <i>Fuse</i> perlu diganti	<i>Cup</i> tidak dapat dibentuk dengan sempurna
13	<i>Encoder</i> tidak dapat membaca data	<i>Drive</i> harus diganti	Tidak dapat membaca dan melakukan proses pada mesin
14	Produk statis (kualitas buruk)	Komponen mesin kotor Mold harus diganti <i>Plug-assist</i> harus diganti	Produk tidak sesuai spesifikasi
15	Insert bermasalah	Kotor	Produk terkontaminasi debu
16	Listrik tidak stabil	<i>Voltage</i> turun	Mesin <i>triple error</i> dan harus di <i>restart</i>
17	<i>Granulator</i> /penggiling bijih plastik error	<i>Sheet</i> tersangkut di <i>granulator</i>	Mesin macet
18	Mesin berbunyi keras	Baut pangkon <i>coiling</i> lepas dan menempel di <i>pneumatic</i> Oli motor <i>vacum</i> kurang	Mesin off

Lampiran 2 Hasil Rekap Losses Setiap Kegagalan

No	Breakdown Losses	Speed Losses	Defect Losses
1	Motor pompa cooling <i>extruder</i> yang tidak berfungsi (no.1)*	Mesin kurang pelumas (no.7)	<i>Sheet</i> tidak bagus (no.2)
2	<i>Thermoregulator error</i> (no.3)	<i>Busy belt</i> (no.8)	<i>Heater</i> yang tidak sesuai (no.5)
3	Sisa <i>sheet</i> terjepit rantai (no.4)	<i>Stacking error</i> (no.9)	<i>Plug-assist</i> tidak sesuai (no.6)
4	<i>Busy belt</i> (no.8)	<i>Haul off callender error</i> (no.10)	<i>Extruder</i> bermasalah (no.11)
5	<i>Stacking error</i> (no.9)	<i>Heater error</i> (no.12)	Produk statis/kualitas buruk (no.14)
6	<i>Heater error</i> (no.12)	<i>Granulator error</i> (no.17)	Insert bermasalah (no.15)
7	<i>Encoder</i> tidak dapat membaca data (no.13)	Mesin berbunyi keras (no.18)	
8	Listrik tidak stabil (no.16)		
9	Mesin berbunyi keras (no.18)		

Lampiran 3 Hasil Rekap FMEA

No	Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	Permasalahan pada pompa cooling extruder yang tidak berfungsi	Motor pompa pendorong yang tidak berfungsi (sirkulasi air terhambat)	Molding/cetakan tidak dingin (terlalu panas) berakibat pada proses thermoforming	10	2	5	100
2	Sheet tidak bagus	Kurangnya tekanan dan panas (pressure dan heat pada mesin)	Sheet tidak dapat digunakan (dihancurkan)	3	2	8	48
3	Thermoregulator error	Kerusakan pada koil valve	Tidak bisa mengatur suhu pada mesin (baik listrik hidup/mati)	4	1	8	32
			Start ulang pengaturan thermoregulator	3	1	7	21
4	Sheet terjepit rantai	Sheet tidak berbentuk rapi sehingga menyangkut di rantai	Konveyor berhenti	2	7	9	126
			Menggulung sheet manual	6	3	4	72
5	Heater yang tidak sesuai	Suhu heater terlalu tinggi	Dinding cup buram	2	3	10	60
			Neck cup terlalu tipis	2	3	10	60
		Suhu heater terlalu rendah	Dinding cup terlalu jernih	2	3	10	60
			Neck cup terlalu tebal	2	3	10	60
			Sheet terkondensasi	2	3	10	60
6	Plug-assist tidak sesuai	Plug-assist tidak rata	Flowmark pada cup	2	3	8	48
		Adanya cup yang menempel pada plug-assist	Bibir cup tidak rata	2	3	8	48
7	Mesin kurang pelumas	Grease pada rantai depan mesin thermoforming kering	Mesin berbunyi kasar, lambat, dan komponen akan cepat rusak	9	2	7	126
		Karat pada rantai	Mesin slow respon, black spot pada produk	4	5	6	120
8	Busy belt	Area sensor kotor	Area sensor harus di reset	5	10	3	150
		Cup menyangkut	Mesin macet	5	10	3	150
9	Stacking error	Mesin terlalu berat beroperasi, harus di reset/zero point	Produk berantakan	5	4	7	140
		Stacking kendor		5	4	7	140
		Area stacking kotor	Produk terkontaminasi debu	3	4	7	84
10	Haul off callender error	Kabel encoder lepas	Sheet tersangkut dan mesin error	4	2	6	48
11	Extruder bermasalah	Cylo kotor	White spot	3	4	7	84
		Hooper terkontaminasi debu		3	4	7	84
12	Heater error	Kabel menempel di busbar	Cup tidak dapat dibentuk dengan sempurna	3	7	6	126
		Ampere heater tidak stabil		4	2	7	56
		Fuse perlu diganti		4	2	7	56
No	Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
13	Encoder tidak dapat membaca data	Drive harus diganti	Tidak dapat membaca dan melakukan proses pada mesin	3	2	7	42
14	Produk statis (kualitas buruk)	Komponen mesin kotor	Produk tidak sesuai spesifikasi	2	6	7	84
		Mold harus diganti		3	3	8	72
		Plug-assist harus diganti		2	3	9	54
15	Insert bermasalah	Kotor	Produk terkontaminasi debu	3	8	3	72
16	Listrik tidak stabil	Voltage turun	Mesin tripl/error dan harus di restart	5	1	4	20
17	Granulator/penggiling bijih plastik error	Sheet tersangkut di granulator	Mesin macet	5	3	9	135
18	Mesin berbunyi keras	Baut pangkon coiling lepas dan menempel di pneumatic	Mesin off	7	1	5	35
		Oli motor vacum kurang		6	1	6	36