

Penerapan Konsep *Total Productive Maintenance* pada Mesin *Automatic Bottle Filling* (Studi Kasus : PT. Guwatirta Sejahtera)

Yon Pradana*¹, Rosleini Ria Putri Zendrato², Bagus Ismail Adhi Wicaksana³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Industri, Universitas Setia Budi,
Jalan Letjend Sutoyo, Mojosongo, Jebres, Surakarta, 57127

e-mail: *¹pradana_025@rocketmail.com, ²rosleini_zen@setiabudi.ac.id,

³bagoeswitjaksana@gmail.com

Abstrak

PT. Guwatirta Sejahtera merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri air minum dalam kemasan. Permasalahan yang terjadi pada PT. Guwatirta Sejahtera adalah tidak adanya perawatan rutin pada mesin sehingga kerusakan terutama pada mesin *automatic bottle filling* sering terjadi. Penelitian ini menerapkan metode *total productive maintenance* untuk menentukan tingkat kerusakan dan mengidentifikasi sumber permasalahan sebagai dasar pembuatan rekomendasi perbaikan dalam mengurangi tingkat kerusakan yang sering terjadi pada mesin *automatic bottle filling*. Tahapan penelitian dimulai dengan menentukan nilai efisiensi mesin dan *six big losses* menggunakan parameter *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi sumber permasalahan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Rekomendasi perbaikan meliputi pembuatan : *checklist* inspeksi harian, kelompok kerja kecil, *Standar Operational Procedure* pengoperasian mesin dan jadwal perawatan rutin. Berdasarkan estimasi perhitungan jika rekomendasi perbaikan diaplikasikan, nilai efisiensi mesin yang semula 82,42 % naik menjadi 98,97% dan biaya perawatan yang semula Rp.81.232.369,48 turun menjadi Rp.75.355.764,39 per tahun.

Kata kunci: *total productive maintenance, Six big losses, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Abstract

PT. Guwatirta Sejahtera is one of the companies engaged in the bottled drinking water industry. Problems that occurred at PT. Guwatirta Sejahtera is the absence of routine maintenance on the machine so that damage, especially on automatic bottle filling machines often occurred. This study was applied a total productive maintenance method to determine the level of damage and identify the sources of the problem as a base for making recommendations for improvements in reducing the level of damage that often occurred on automatic bottle filling machines. The stages of the study were began by determining the value of the engine efficiency and six big losses using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) parameter. Then it was followed by identifying the sources of the problem using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methods. Recommendations for improvement include: making daily inspection checklists, small work groups, standard operating procedures for machine operation and routine maintenance schedules. Based on estimation if a repair recommendation is operated, value of machine efficiency rose from 82,42% to 98.97% and maintenance cost decreased from Rp 81.232.369,48 to Rp 75.355.764,39 per year.

Keywords: *total productive maintenance, six big losses, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

1. PENDAHULUAN

Perawatan atau *maintenance* adalah semua tindakan yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang baik atau untuk mengembalikan ke keadaan yang memuaskan (Dhillon, 1985). Jadwal *maintenance* yang baik akan memperlancar proses produksi dan mengurangi biaya yang ditimbulkan akibat kerusakan peralatan.

PT. Guwatirta Sejahtera merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri air minum dalam kemasan (AMDK). Perusahaan ini memproduksi beragam jenis produk air minum diantaranya *cup* dengan ukuran 240 ml, botol dengan varian ukuran 330 ml, 600 ml dan 1500 ml, serta gallon dengan ukuran 19 liter. Proses produksi yang dilakukan di PT. Guwatirta didukung oleh beberapa jenis mesin dalam tiap tahapannya seperti mesin *Automatic Bottle Filling*, *Tank sand filter*, *Tank carbon filter*, *Tank membran filter* dan *Ozonator*.

Frekuensi kerusakan terbesar sebanyak 109 kali dalam satu tahun terdapat pada mesin *automatic bottle filling*. Hal tersebut terjadi karena saat ini di PT. Guwatirta Sejahtera tidak memiliki jadwal perawatan rutin. Perawatan pada mesin dilakukan hanya pada saat terjadinya *down time* pada mesin. *Down time* adalah kerugian yang dapat terlihat dengan jelas karena terjadi kerusakan pada mesin sehingga mesin tidak berproduksi dan mengakibatkan tidak adanya output yang dihasilkan (Winarno dan Susilonoto, 2016).

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian menggunakan konsep *total productive maintenance* sebagai metode perbaikan. Konsep *total productive maintenance* mengutamakan peran dari seluruh pihak untuk menjaga dan merawat semua fasilitas produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi *automatic bottle filling* dan menentukan jadwal perawatannya sehingga mampu meningkatkan efisiensi *automatic bottle filling*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *total productive maintenance* (TPM) untuk menentukan tingkat kerusakan dan mengidentifikasi sumber permasalahan sebagai dasar pembuatan rekomendasi perbaikan dalam mengurangi tingkat kerusakan. Menurut Corder (1996), TPM merupakan sistem manajemen dalam perawatan peralatan, mesin, utility dengan sasaran tercapainya *zero breakdown*, *zero defect* dan *zero accident*. Chan (2005) menampakan bahwa TPM adalah suatu metodologi yang bertujuan untuk meningkatkan *availability* suatu peralatan sehingga akan mereduksi biaya investasi yang diperlukan.

Penelitian diawali dengan penentuan nilai efisiensi mesin dan *six big losses* menggunakan parameter *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan dilanjutkan dengan mengidentifikasi sumber permasalahan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) dilakukan dengan menggunakan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *OEE* merupakan produk dari kegiatan operasi dengan *six big losses* pada mesin/peralatan (Alvira, dkk. 2015). Perhitungan *OEE* bertujuan untuk menentukan tingkat efektivitas dan performansi dari suatu mesin atau proses produksi. *OEE* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$OEE = Availability \times Performance Rate \times Quality Rate \quad (1)$$

OEE dapat dihitung dengan mengalikan antara 3 komponen penting yang mempengaruhi efektivitas mesin yaitu :

$$Availability = \frac{Operation Time}{Loading Time} \times 100 \% \quad (2)$$

$$Performance Rate = \frac{Jumlah\ produksi \times Waktu\ siklus\ per\ unit}{Operation Time} \times 100 \% \quad (3)$$

$$Quality Rate = \frac{Jumlah\ produksi - produk\ defect}{Jumlah\ produksi} \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan :

$$Operation Time = Loading Time - Planned Downtime$$

2.2 Enam Faktor Kehilangan Terbesar (Six Big Losses)

Menurut Nakajima (1988), tujuan utama dari TPM dan OEE adalah untuk mengurangi *six big losses* yang menjadi penyebab terjadinya kerugian efisiensi saat proses manufaktur. *Six big losses* tersebut antara lain :

a. *Breakdown Losses*, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Breakdown losses = \frac{downtime}{loading time} \times 100 \% \quad (5)$$

b. *Set Up and adjusment Losses*, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Set Up and adjusment losses = \frac{set up time}{loading time} \times 100 \% \quad (6)$$

c. *Stoppage Losses*, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Stoppage losses = \frac{non productive time}{loading time} \times 100 \% \quad (7)$$

d. *Reduce Speed Losses (RSL)*, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$RSL = \frac{operation time - (ideal cycle time \times total produksi)}{loading time} \times 100 \% \quad (8)$$

e. *Quality Defect and Yield Losses*, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Defect Losses = \frac{ideal cycle time \times total produksi}{loading time} \times 100 \% \quad (9)$$

f. *Scrap Losses*, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Scrap losses = \frac{ideal cycle time \times scrap}{loading time} \times 100 \% \quad (10)$$

2.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*) berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*). Hasil dari penilaian tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi kemudian dikalikan untuk mendapatkan nilai *risk priority number* (RPN). RPN dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Stamatis (1995) dalam Puspitasari and Martanto, 2014) :

$$RPN = severity \times occurrence \times detection \quad (11)$$

2.4 Penyusunan Jadwal pPerawatan

2.4.1 Identifikasi Distribusi

Identifikasi distribusi dapat dilakukan dalam tiga tahap, yaitu (Ebeling, 1997):

a. Identifikasi awal

Identifikasi awal pada distribusi data menggunakan metode *Least Square curve Fitting*. Metode ini digunakan untuk menghitung nilai *index of fit* (r). Distribusi data dengan nilai r terbesar akan dipilih untuk diuji dengan menggunakan *Goodness of Fit Test*. Rumus umum yang terdapat dalam metode *Least Square Curve Fitting* adalah:

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (12)$$

Dimana: i = data waktu ke-t

n = jumlah data kerusakan

$$\text{Index of Fit (r)} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i.Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} \quad (13)$$

Rumus untuk menghitung nilai x_i dan y_i yang dimiliki masing – masing distribusi :

i. Distribusi Weibull

$$x_i = \ln t_i, \text{ dimana } t_i \text{ adalah data waktu ke-}i \quad (14)$$

$$y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right) \right] \quad (15)$$

$$\text{Parameter : } \beta = b \text{ dan } \theta = e^{\left(-\frac{a}{b}\right)}$$

ii. Distribusi Eksponensial

$$x_i = t_i, \text{ dimana } t_i \text{ adalah data waktu ke-}i \quad (16)$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] \quad (17)$$

$$\text{Parameter : } \lambda = b$$

iii. Distribusi Normal

$$x_i = t_i, \text{ dimana } t_i \text{ adalah data waktu ke-}i \quad (18)$$

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] \quad (19)$$

$$\text{Parameter : } \sigma = \frac{1}{b} \text{ dan } \mu = -\left(\frac{a}{b}\right)$$

iv. Distribusi Lognormal

$$x_i = \ln t_i, \text{ dimana } t_i \text{ adalah data waktu ke-}i \quad (20)$$

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] \quad (21)$$

$$\text{Parameter : } s = \frac{1}{b} \text{ dan } t_{med} = e^{-sa}$$

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung parameter pada masing – masing distribusi menggunakan pendekatan regresi :

i. Untuk Distribusi Weibull, Normal dan Lognormal

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i.Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (22)$$

ii. Untuk Distribusi Eksponensial

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i.Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2} \quad (23)$$

$$a = \bar{y} - bx \quad (24)$$

b. Goodness of Fit Test

Langkah selanjutnya setelah perhitungan *index of fit* adalah melakukan pengujian *goodness of fit* untuk nilai *index of fit* terbesar. Pengujian yang dilakukan dalam *Goodness of Fit* ada tiga macam yaitu *Mann's Test* untuk distribusi *Weibull*, *Bartlett's Test* untuk distribusi *Ekspontential* dan *Kolmogorov-Smirnov* untuk distribusi *Normal* dan *Lognormal*.

2.4.2 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean time to failure (MTTF) adalah nilai rata – rata kerusakan atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan (Ebeling, 1997). MTTF didefinisikan dengan persamaan:

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (25)$$

2.4.3 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan waktu rata – rata dari interval waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen atau sistem. Untuk dapat menentukan *MTTR* maka terlebih dahulu harus diketahui dulu jenis distribusi dari datanya. Menurut Ebeling (1997), *MTTR* diperoleh dengan rumus:

$$MTTR = \int_0^{\infty} th(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \quad (26)$$

Dimana:

$h(t)$ = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan (TTR)

$H(t)$ = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan (TTR)

2.4.4 Penentuan Waktu Pemeriksaan Optimal

Pemeriksaan secara berkala juga diperlukan dalam tindakan perawatan mesin maupun komponen. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan *down time* akibat kerusakan mesin yang terjadi secara mendadak (Jardine (1973) dalam Majid, dkk, 2014). Langkah-langkah perhitungan interval pemeriksaan yang optimal adalah:

a. Waktu rata – rata satu kali perbaikan :

$$1/\mu = \frac{MTTR}{\text{Jam kerja/bulan}} \quad (27)$$

b. Waktu rata – rata satu kali pemeriksaan :

$$1/i = \frac{\text{Waktu satu kali pemeriksaan}}{\text{Jam kerja/bulan}} \quad (28)$$

c. Rata – rata kerusakan per bulan :

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan per tahun}}{12 \text{ bulan}} \quad (29)$$

d. Jumlah pemeriksaan optimal :

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} \quad (30)$$

e. Interval waktu pemeriksaan :

$$I = \frac{\text{Jam kerja/bulan}}{n} \quad (31)$$

Dimana :

- n = Jumlah pemeriksaan
- i = Waktu rata – rata pemeriksaan
- k = Rata – rata kerusakan per unit waktu
- μ = Waktu rata – rata perbaikan

2.5 Biaya Perawatan Mesin

Total Biaya perawatan mesin terdiri dari dua komponen utama yaitu:

- a. *Failure cost* merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan yang disebabkan adanya kerusakan di luar perkiraan. (Smith & Mobley, 2003) dalam Djunaidi dan Eko Bakdiyono (2012).

$$TCr = B \times Cr \quad (32)$$

$$B = \frac{N}{Tb} \quad (33)$$

$$Tb = \sum_i^a p_i T_i \quad (34)$$

$$Cr = (BTK \times WK \times JTK) + (BK) \quad (35)$$

Dimana :

- TCr = *expected cost of repair* per minggu
- B = Jumlah rata-rata breakdown / minggu untuk N mesin
- Tb = Rata – rata *run time* per mesin sebelum rusak
- N = Jumlah mesin
- Cr = Biaya Repair
- BTK = Biaya Tenaga Kerja
- WK = Waktu Kerja
- JTK = Jumlah Tenaga Kerja
- BK = Biaya Komponen

- b. *Maintenance cost* merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan karena adanya perawatan mesin yang terjadwal dan terencana (Kyriakidis & Dimitrakos, 2006) dalam Djunaidi dan Eko Bakdiyono (2012).

$$TCm(n) = (BTK \times WK \times JTK) + (BK) \quad (36)$$

Dimana :

- TCm(n) = biaya *preventive maintenance* per periode
- n = jumlah periode
- BTK = Biaya Tenaga Kerja
- WK = Waktu Kerja
- JTK = Jumlah Tenaga Kerja
- BK = Biaya Komponen

$$\text{Maka total biaya perawatan : } TMC(n) = TCr(n) + TCm(n) \quad (37)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Analisis Tingkat Efisiensi Mesin

Analisis tingkat efisiensi mesin dilakukan dengan menghitung nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) pada mesin *automatic bottle filling*. Dengan menggunakan persamaan (1) sampai (4), rekapitulasi nilai OEE setiap bulan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Bulan	Availability Rate (%)	Performance Rate (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
Januari	85,46	97,16	99,98	83,02
Februari	84,89	97,00	99,98	82,32
Maret	86,21	95,95	99,98	82,70
April	84,88	97,14	99,97	82,42
Mei	84,78	97,73	99,97	82,83
Juni	83,89	97,93	99,96	82,12
Juli	86,45	94,94	99,97	82,04
Agustus	85,99	95,66	99,97	82,22
September	85,75	95,81	99,98	82,13
Oktober	85,96	95,90	99,98	82,41
November	85,63	96,05	99,98	82,23
Desember	84,67	97,60	99,98	82,62
Rata – Rata				82,42

3.1.2 Analisis Faktor Kehilangan Terbesar

Analisis kehilangan terbesar dilakukan dengan perhitungan *time losses* pada faktor *six big loss* menggunakan persamaan (5) sampai persamaan (10). Hasil perhitungan *time losses* pada masing – masing *losses* dan peringkatnya dapat dilihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa *time losses* terbesar terjadi akibat *break down losses*, diikuti oleh *set up losses* dan seterusnya seperti terlihat pada kolom ranking.

Tabel 2. *Time losses* pada masing – masing *losses*

<i>Six Big Losses</i>	Total Time Losses (Menit)	Prosentase (%)	Ranking
<i>Breakdown Losses</i>	22.049,83	69,12	1
<i>Set Up Losses</i>	5.220,00	16,36	2
<i>Idling and Minor Stoppages</i>	105,00	0,32	4
<i>Reduce Speed Losses</i>	4.490,67	14,07	3
<i>Quality Defect and Yield Losses</i>	32,50	0,10	5
Total	31.898,00	100,00	

3.1.3 Identifikasi Sumber Permasalahan

Identifikasi sumber permasalahan menggunakan metode FMEA dilakukan pada *break down losses* yang memiliki *time losses* terbesar. Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing – masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*). Berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian *risk priority number* (RPN) pada masing – masing *failure* dengan menggunakan persamaan (11) dapat dilihat pada Tabel 3.

3.1.4 Jadwal Perawatan

Untuk menentukan jadwal perawatan, diawali dengan menentukan distribusi data selang waktu antar kerusakan dan distribusi waktu perbaikan menggunakan metode *index of fit* (IOF) dan melakukan pengujian *Goodness of Fit* untuk distribusi komponen menggunakan persamaan (12) sampai persamaan (24). Selanjutnya menghitung parameter *Mean time to failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair*

(*MTTR*) menggunakan persamaan (25) dan (26). Rekapitulasi distribusi, *MTTF* dan *MTTR* dapat dilihat pada Tabel 4. Selanjutnya penentuan interval waktu perawatan menggunakan persamaan (27) sampai (31). Hasil penyusunan jadwal perawatan mesin dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Hasil identifikasi dan penilaian RPN pada masing – masing *failure*

No	Failure	Failure Mode	Failure Effect	(S)	(O)	(D)	RPN
1	Baut pemegang <i>washing fork</i> patah	Baut berkarat	<i>Washing fork</i> lepas	10	1	9	90
2	<i>Filling Nozzle O-rings</i> bocor	Penyetelan ujung <i>nozzle</i> terlalu kencang Terdapat partikel dalam saluran <i>filling</i>	Air menyembur dari badan <i>nozzle</i>	9	1	9	81
3	<i>Nozzle Spring</i> patah	Tekanan air terlalu tinggi Terdapat partikel dalam saluran <i>filling</i>	Botol tidak terisi	8	1	10	80
4	Roda gigi <i>passive wheel</i> patah	Penyetelan <i>reel bottle conveyor</i> yang tidak sesuai kurangpelumas	Mesin berhenti operasi	8	1	10	80
5	Indikator <i>Filling Tank error</i>	Kabel <i>filling tank float sensor</i> putus Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Mesin berhenti operasi	8	1	10	80
6	<i>Star Wheel</i> berhenti	<i>Sensor Photo electric</i> kotor Botol tersangkut di <i>star wheel</i>	Mesin berhenti operasi	8	1	10	80
7	<i>Nozzle Spring</i> lemah	Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Botol terisi tapi tidak sesuai takaran	8	1	10	72
8	<i>Filling Valve</i> bocor	Terdapat partikel dalam air yang menumpuk dalam saluran	Air tidak sampai komponen <i>filling nozzle</i>	8	1	9	72
9	<i>Pull Spring Washer</i> lemah	Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Botol tidak tercuci secara maksimal	7	1	10	70
10	<i>Pegastiang filler</i> lemah	Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Waktu <i>filling</i> menjadi lebih lama	7	1	9	63
11	<i>Filling Sealing Pads</i> bocor	Tekanan air terlalu tinggi Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Botol tidak terisi sesuai takaran	7	1	9	63
12	<i>Pull Spring Washer</i> patah	Setelan <i>pull spring</i> yang terlalu kencang Tekanan air terlalu tinggi Terdapat partikel dalam air	Air <i>washing</i> tidak keluar	7	1	9	63

No	Failure	Failure Mode	Failure Effect	(S)	(O)	(D)	RPN
13	<i>Snapping Washer patah</i>	Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Washing fork lepas	6	1	10	60
14	<i>Pegastiang filler patah</i>	Saluran nozzle filling tersumbat partikel	Proses Filling berhenti	7	1	8	56
15	<i>Nozzle filling macet</i>	Filling roller aus Spie suport aus Terdapat partikel dalam filling tank	Botol tidak terisi	7	1	8	56
16	<i>Passive wheel aus</i>	Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Driving wheel overload	7	1	8	56
17	<i>Nilon Y Wasner bocor</i>	Tekanan air yang terlalu tinggi	Washing Nozzle tidak mengeluarkan air	6	1	9	54
18	<i>Air conveyer berhenti</i>	Air Compressor mati	Botol menumpuk di air conveyer	6	1	8	48
19	<i>Driving wheel aus</i>	Fisik dan usia komponen tidak pernah terpantau	Penumpukanbotol pada conveyer setelah proses capping	6	1	8	48
20	<i>Washing nozzle bocor</i>	Partikel dalam air yang mengendap pada nozzle	Proses washing tidak maksimal	6	1	7	42

Tabel 4. Hasil perhitungan parameter MTTF dan MTTR

No	Komponen	Data	Distribusi	Parameter	Nilai
1	BautPenopang Washing Fork	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	19963,56
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	145,769
2	Filling nozzle O-rings	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	33166,2
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	378
3	Nozzle Spring	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	34691,22
		Waktu Perbaikan	Ekspensial	MTTR	225,8
4	Filling Valve	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	41693,58
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	107
5	Passive Wheel	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	23,684
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	179
6	Filling Tank Float Sensor	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	27,621
		Waktu Perbaikan	Lognormal	MTTF	219
7	Photoelectric Sensor	Waktu Kerusakan	Lognormal	MTTF	27,633
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	199,8096
8	Star Wheel	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	41460
		Waktu Perbaikan	Lognormal	MTTR	209
9	Pull Spring Washer	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	29,126
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	200
10	PegasTiang Filler	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	22078,51
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	197
11	Filling Sealing Pads	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	29959,67
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	235
12	Filling Roller	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	38693,38
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	211

No	Komponen	Data	Distribusi	Parameter	Nilai
13	Snap Ring Washer	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	34555,2
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	114,5
14	Spie Support	Waktu Kerusakan	Lognormal	MTTF	27,664
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	248
15	Nilon Y Wasner	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	23756
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	107
16	Air Compressor	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	41444,25
		Waktu Perbaikan	Lognormal	MTTR	337,5107
17	Driving Wheel	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	68130,63
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	327,2321
18	Washing Nozzle	Waktu Kerusakan	Weibull	MTTF	28170,64
		Waktu Perbaikan	Weibull	MTTR	216,5179

Tabel 5. Jadwal perawatan mesin

No	Komponen	Waktu Penggantian Komponen Setiap (Jam)	Waktu Pemeriksaan Setiap (Jam)
1	Baut Penopang Washing Fork	333	86
2	Filling nozzle O-rings	553	117
3	Nozzle Spring	647	120
4	Passive Wheel	733	123
5	Filling Tank Float Sensor	395	102
6	Photo electric Sensor	460	111
7	Star Wheel	461	111
8	Filling Valve	691	124
9	Pull Spring Washer	470	137
10	PegasTiang Filler	414	91
11	Filling Sealing Pads	564	103
12	Filling Roller	645	104
13	Snap Ring Washer	576	103
14	Spie Support	461	104
15	Nilon Y Wasner	396	93
16	Air Compressor	691	129
17	Driving Wheel	1111	131
18	Washing Nozzle	527	103

3.1.5 Perhitungan Biaya Perawatan

Biaya perawatan mesin dihitung menggunakan persamaan (32) sampai (37). Perhitungan biaya perawatan diperoleh : Rp 81.232.369,48 /tahun.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh rata-rata efisiensi mesin *automatic bottle filling* dalam bentuk nilai OEE sebesar 82,42%. Meskipun nilai tersebut sudah melebihi 80%, namun masih di bawah nilai standar ideal yaitu sebesar 84%. Penyebab rendahnya nilai OEE tersebut disebabkan oleh *availability rate* yang hanya berada pada range 83,89% - 86,45% walaupun *performance rate* cukup tinggi yaitu pada range 94,94% - 97,93, dan *quality rate* mencapai 99,98%. Hal ini terjadi karena

loading time yang tinggi akibat kerusakan mesin dan peralatan. Keadaan ini juga terlihat pada hasil perhitungan *time losses* dimana *breakdown losses* mencapai 22.049,83 menit (69,12%).

Usaha untuk meningkatkan nilai OEE diberikan rekomendasi perbaikan untuk meminimalisir dan menghilangkan sumber permasalahan sebagai berikut :

a. *Standard Operational Procedure (SOP)*

SOP dibuat berdasarkan konsep 5S dan *safety, health and environment* dikarenakan dalam melakukan pengecekan ataupun perawatan keselamatan kerja merupakan hal yang sangat penting untuk diingat oleh mekanik ataupun operator agar terhindar dari kecelakaan kerja.

b. *Check List*

Rekomendasi perbaikan berupa *check list* dibuat sebagai petunjuk dalam melakukan pengecekan rutin. *Check list* dibuat berdasarkan konsep *autonomous maintenance* atau perawatan mandiri yang dapat dilakukan oleh operator.

c. Pembuatan Kelompok Kerja

Pembuatan kelompok kerja merupakan usulan perbaikan yang dibuat berdasarkan konsep pilar *kaizen*. Tujuannya untuk mempermudah komunikasi dan pembahasan yang lebih detail mengenai tujuan yang ingin dicapai dalam suatu area kerja.

d. *Training Total Productivity Maintenance (TPM)*.

Training memiliki tujuan untuk peningkatan kinerja karyawan. *Training* dilakukan secara rutin dan bertahap oleh perusahaan *soft skill training* dan *technical skill training*

e. Pembuatan Jadwal Perawatan

Perawatan mesin dilakukan penjawalan secara periodik untuk semua komponen kritis.

3.3 Evaluasi

a. Hasil evaluasi nilai OEE sebelum dan sesudah usulan perbaikan dilakukan adalah sebagai berikut :

- Nilai OEE rata-rata sebelum dilaksanakan usulan 82,42 %
- OEE rata - rata estimasi dengan perawatan yang diusulkan = 98,97 %

b. Biaya perawatan

- Total biaya sebelum dilaksanakan usulan :Rp 81.232.369,48 /tahun
- Estimasi Total biaya dengan perawatan sesuai usulan : Rp 75.355.764,39/ tahun

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber permasalahan utama pada mesin *automatic bottle filling* adalah *breakdown losses* sebesar 22.049,83 menit. Tindakan perbaikan yang perlu dilakukan untuk meminimalisir dan menghilangkan sumber permasalahan adalah: membuat lembar checklist harian, membuat *Standard Operational Procedure*, membuat kelompok kerja kecil yang terdiri dari operator, mekanik, bagian gudang dan manajemen *office* yang memiliki fungsi untuk

mendesain dan menganalisa konsep *Total Productive Maintenance* pada lini produksi, dan membuat jadwal perawatan rutin untuk semua komponen kritis. Jika rekomendasi perbaikan diaplikasikan, maka nilai efisiensi mesin automatic bottle filling berdasarkan parameter OEE yang semula adalah 82,42% diestimasi naik menjadi 98,97% dan total biaya perawatan per tahun dapat diturunkan sebesar Rp. 5.876.605,09 yaitu dari Rp. 81.232.369,49 menjadi Rp.75.355.764,39. Penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan mengintegrasikan beberapa proses produksi untuk meningkatkan efisiensi total.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvira, Dianra, Yanty Helianty, dan Hendro Prasetyo, 2015, Usulan Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Tapping Manual dengan Meminimumkan Six Big Losses, *Integra*, No.03, Vol.03, 242
- Chan, F.T.S., 2005, Implementation of Total Productive Maintenance : A Case Study, *Int. J. production economics* 95, 71-94
- Corder, A., 1996, *Teknik manajemen Pemeliharaan*, Erlangga, Jakarta
- Dhillon, B. S., 1985, *Realiabilty and Maintainability Management*, 1rd edition, Van Nostrad Reinhold, New York.
- Djunaidi, Much. dan Eko Bakdiyono, 2012, Minimasi Biaya Perawatan dengan Menggunakan Metode Preventive Maintenance Policy, *Jurnal ilmiah teknik industri*, No.2, Vol. 11, 198-208
- Ebeling, C.E. ,1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, New York: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Majid, A.M., Moengin, P. and Witonohadi, A. , 2014, Usulan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dengan Pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Perencanaan Perawatan Pabrik Bar Mill Pada PT. Krakatau Wajatama, *Jurnal Teknik Industri*, vol. IV, no. 3, November, pp. 234-247.
- Nakajima, S. ,1988, *Introduction To TPM : Total Productive Maintenance*, Cambridge: Productivity Press.
- Puspitasari, N.B. and Martanto, A. , 2014, Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin)', *J@TI UNDIP*, vol. IX, No. 2, Mei, pp. 93-98.
- Winarno, H. and Susilonoto, 2016 , Analisis Total Productive Maintenance untuk Peningkatan Efisiensi Produksi dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness di PT. Purna Baja Harsco, *Prosiding Seminar Nasional XI Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, Yogyakarta, 304-312.