

Peningkatan nilai OEE pada mesin *printing* kaca film menggunakan metode FMEA dan TPM

Achmad Sultoni¹, Dana Santoso Saroso²

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

²Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Corresponding author: achmad_sultoni@rocketmail.com

Abstrak. Mesin dikatakan memiliki produktivitas tinggi jika dapat menghasilkan produk secara cepat dengan sumber daya yang terbatas namun menghasilkan kualitas tinggi. Sebuah mesin *printing* berfungsi mencetak logo pada kaca film memiliki produktivitas yang cukup rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis *six big losses* pada mesin *printing* kaca film dan menerapkan metode FMEA serta TPM untuk meningkatkan nilai OEE Mesin *printing* kaca film. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian observatif (*non-experimental*). Data kuantitatif akan diambil dengan melihat permasalahan yang terjadi pada perusahaan. Berdasarkan hasil perhitungan Nilai OEE setelah perbaikan Available Rate mengalami kenaikan sebesar 7%, Performance Rate naik 2%, dan Quality Rate naik sebesar 17%. Maka dengan hasil ini Nilai OEE setelah perbaikan menjadi 39%. Berdasarkan analisis *six big losses* didapat loss terbesar adalah Quality Loss yaitu sebesar 25.597 menit atau dengan persentase 21,84%. Berdasarkan analisis FMEA masalah prioritas terkait Severity, Occurrence, dan Detection yang prioritas yaitu (1). Tegangan roll film tidak stabil, (2). Tidak mencetak, (3). Operator terjepit, dan (4). Dot matrix mengalami dislokasi. Penerapan *autonomous maintenance*, *kaizen*, dan *planned maintenance* berhasil meningkatkan Nilai OEE Mesin *Printing Kaca Film*.

Kata kunci: OEE, Mesin *Printing*, Six Big Losses, FMEA, TPM.

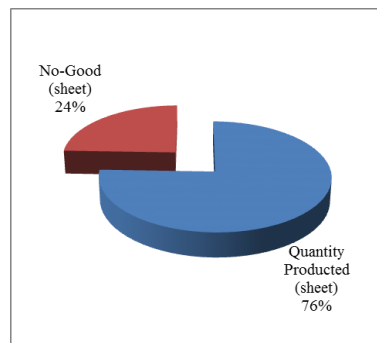
Abstract. The machine is said to have high productivity if it can produce products quickly with limited resources but produce high quality. The print machine that works to print the logo on the film window has a relatively low productivity. The purpose of this study is to analyze the six big losses on window film printing machines and apply the FMEA method and TPM to increase the value of OEE window film printing machines. This study uses observational (*non-experimental*) types. Quantitative data will be taken by looking at the problems that occur in the company. Based on the calculation of the OEE Value after the Available Rate repair has increased by 7%, the Performance Rate has increased by 2%, and the Quality Rate has increased by 17%. So with this result OEE value after repairs to 39%. Based on the analysis of six big losses the biggest loss is Quality Loss which is equal to 25,597 minutes or with a percentage of 21.84%. Based on FMEA analysis priority issues related to Severity, Occurrence, and Detection are priorities, namely (1). Film roll tension is unstable, (2). Not printing, (3). The operator is pinched, and (4). Dot matrix has a dislocation. The application of *autonomous maintenance*, *kaizen*, and *planned maintenance* has succeeded in increasing the Value of OEE Windows Film Printing Machine.

Keywords:

1. Pendahuluan

Persaingan pasar otomotif yang tinggi di Indonesia membuat pelaku aksesoris mobil salah satunya berlomba untuk mendapatkan hati konsumennya. PT. Jaya Kreasi Indonesia memiliki ide untuk mencetak Logo produk, QR-Code dan Nomor LOT pada produk kaca filmnya untuk meyakinkan konsumennya untuk keaslian produknya. Selain itu konsumen juga dapat mengetahui tipe kaca film yang terpasang dengan menscan QR-Code yang tercetak pada kaca filmnya (RiauPos.co, 2017). “Baru kami-lah yang pertama di Indonesia yang menerapkan sistem IT berbasis QR-Code yang akan menampilkan layar dari web kami, keaslian produk dan tipe kaca film yang digunakan oleh konsumen pada fisik kaca film LLumar dan CPF1. Jadi konsumen akan sangat terlindungi, sehingga tidak akan terjadi manipulasi, baik tentang keaslian produk LLumar maupun CPF1,” terang Herry Winata, Marketing Manager PT. Jaya Kreasi Indonesia (Otosia.com, 2017).

Material dasar kaca film adalah plastik atau polimer PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang diproses menjadi gulungan-gulungan *roll* kaca film. Gulungan *roll* setengah jadi ini yang akan diproses menjadi *windows* kaca film. Bahan setengah jadi kemudian dilakukan beberapa proses lanjutan sebelum dikirim dan dipasang ke *customer*. Proses produksi yang dilakukan ada 2 yaitu proses *printing* dan proses *cutting*. Proses *printing* difungsikan untuk mencetak logo produk, QR-Code dan Nomor LOT. Semua kaca film dilakukan proses *printing* sebelum ke proses selanjutnya. Permasalahan yang sering dialami pada proses *printing* adalah masalah banyaknya *no-good print*. Seperti ditunjukkan pada diagram di bawah yang menunjukkan persentase *no-good print* hasil proses *printing* 2018.



Gambar 1 Presentase *No-good Print Windows* Kaca Film 2018

No-good print windows kaca film hasil dari proses *printing* menggunakan Mesin *Printing* masih tinggi. Dilihat dari proses produksi tahun 2018 *quantiti produced* sebesar 2.004.383 sheet. Dengan *good product* sebesar 1.355.916 sheet maka *no-good print* yang ditimbulkan adalah sebesar 648.467 sheet. Berdasarkan permasalahan pada proses *printing* di atas dan melihat dari beberapa studi literatur yang banyak membahas terkait peningkatan nilai OEE dengan berbagai metode maka penelitian ini akan mengimplemenasikan TPM dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk meningkatkan nilai OEE pada Mesin *Printing* sehingga diharapkan akan menekan nilai *defect* yang tinggi pada proses *printing*.

Penelitian (Tang, Ng, Chong, & Chen, 2016) tentang implementasi metode FMEA untuk meningkatkan OEE di perusahaan manufaktur semikonduktor. (Gupta & Vardhan, 2016) menyelidiki bagaimana peningkatan volume penjualan telah berevolusi dengan meningkatkan OEE mesin, produktivitas pabrik, dan biaya produksi melalui *Total Productive Maintenance* inisiatif dalam industri manufaktur traktor. (Ariyanto, 2017) melakukan penelitian untuk meningkatkan Nilai OEE dengan melihat *loss* menggunakan Metode *Sig Big Losses* kemudian melakukan perbaikan dengan Metode *Kaizen*. Sementara penelitian (Chiarini, 2015), tentang peningkatan OEE menggunakan metode *Six Sigma*. (Zahoor, Shehzad, Mufti, Zahoor, & Saeed, 2017) melakukan penelitian tentang peningkatan efisiensi mesin cetak *flexografik* dengan mengurangi waktu kerusakan dengan Analisis 5-Ways.

2 Kajian Pustaka

Kaca Film

Material dari kaca film merupakan gabungan material yang unik, sehingga didapatkan komposisi yang tepat, material dasar dari kaca film adalah plastik atau polimer PET (*Polyethylene Terephthalate*), pertama-tama plastik ini diproses seperti proses pencelupan untuk lapisan anti gores pada kaca film. Kemudian yang kedua merupakan proses *Metal Sputtering* untuk mendapatkan lapisan metal sehingga kaca film sendiri memiliki kandungan metal untuk menolak panas. Proses selanjutnya adalah merekatkan lapisan plastic PET yang berfungsi sebagai penolak sinar UV, dan yang terakhir adalah lapisan lem yang berfungsi untuk merekatkan kaca film pada medium kaca, sehingga jika kita lihat komposisi dari kaca film berupa lapisan-lapisan (*layer*) Kaca film memiliki kemampuan mereduksi sinar yang melewati medium kaca film sehingga intensitas cahaya berkurang (tidak silau). Kemampuan ini ditunjukkan oleh nilai VLT, Nilai VLT semakin besar maka sinar yang dapat melewati medium kaca film semakin besar (Wardoyo, 2012).

Mesin Printing

Mesin *Printing* memiliki dua unit utama yaitu Hitachi Ink Jet Printer dan Rewinder. *Hitachi Inkjet Printer* menandai informasi untuk berbagai produk di industri. Fiturinya adalah pencetakan kecepatan tinggi, pencetakan non-kontak, pencetakan yang jelas dan pencetakan fleksibel. Teknologi printer inkjet Hitachi juga memungkinkan fleksibilitas pencetakan non-kontak untuk menandai permukaan yang kasar, tidak rata, atau bervariasi dari segala arah (Mega Satria Hiciter, 2017). Mesin *Rewinder* adalah salah satu bagian dari Mesin *Printing* yang saling berkaitan. Mesin *Rewinder* berfungsi sebagai tempat loading material yang akan di-*print* dan proses *finishing*. *Rewinder* akan mengatur kecepatan gulungan pada saat proses *printing*.

Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dapat digambarkan sebagai kelompok kegiatan yang dirancang untuk mengenali dan menilai potensi kegagalan produk atau proses dan dampaknya, selain itu FMEA digunakan untuk mengidentifikasi tindakan yang dapat menghilangkan atau meminimalkan potensi kegagalan potensial, dan dokumen proses. Ini melengkapi proses penentuan desain atau proses apa yang harus dilakukan untuk memuaskan pelanggan. Karena kecenderungan umum industri untuk terus meningkatkan produk dan proses bila memungkinkan, menggunakan FMEA sebagai teknik disiplin untuk mengidentifikasi dan membantu meminimalkan potensi kekhawatiran sama pentingnya (Murrell & Lissy, 2011).

Metode Total Productive Maintenance (TPM)

Total Preventive Maintenance (TPM) awalnya merupakan ide Ford, tetapi dipinjam dan disempurnakan oleh Jepang pada 1950-an ketika *preventive maintenance* diperkenalkan ke Jepang dari Amerika Serikat. *Nippondenso*, bagian dari Toyota, adalah perusahaan pertama di Jepang yang memperkenalkan *preventive maintenance* di seluruh dunia pada tahun 1960. TPM memiliki lima tujuan yaitu (1). Untuk memaksimalkan efektivitas peralatan, (2). Untuk mengembangkan sistem pemeliharaan yang produktif untuk umur peralatan, (3). Libatkan semua departemen yang merancang, merancang, menggunakan, atau memelihara peralatan dalam melaksanakan TPM, (4). Untuk secara aktif melibatkan semua karyawan, (5). Untuk mempromosikan TPM melalui manajemen motivasi. TPM mengidentifikasi tujuh jenis pemborosan (muda), dan kemudian bekerja secara sistematis untuk menghilangkannya dengan melakukan perbaikan, terutama melalui pendekatan *Kaizen* (Stamatis, 2010).

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) adalah standar emas untuk mengukur produktivitas produksi. Singkatnya OEE mengidentifikasi persentase waktu produksi yang benar-benar produktif. Skor OEE 100% berarti hanya menghasilkan *Good Parts*, secepat mungkin, tanpa *Stop Time*. Dalam bahasa OEE yang berarti 100% *Quality (only Good Parts)*, 100% *Performance (as fast as possible)*, dan 100% *Availability (no Stop Time)* (Vorne Industries Inc, 2019). OEE memecah kinerja unit manufaktur dalam tiga komponen yang terpisah tetapi terukur: Ketersediaan, Kinerja, dan Kualitas. Setiap komponen menunjukkan aspek proses yang dapat ditargetkan untuk perbaikan Alat ini juga memungkinkan analisis yang sangat spesifik seperti *PartNumber*, *Shift*, atau beberapa parameter lainnya. Sangat tidak mungkin bahwa proses pembuatan dapat dilakukan pada OEE 100% (Stamatis, 2010).

3 Metode

Penelitian yang akan dilakukan yaitu pada perusahaan yang bergerak pada bidang distribusi kaca film. Penelitian yang bertujuan untuk melakukan peningkatan nilai OEE dengan penerapan metode TPM dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada mesin *Printing* kaca film. Metode FMEA dipilih karena perusahaan ini memiliki data yang lengkap terkait proses *Printing* kaca film sehingga metode ini dipergunakan.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian observatif (non-eksperimental). Data kuantitatif akan diambil dengan melihat permasalahan yang terjadi pada perusahaan. Permasalahan yang terjadi terkait penurunan nilai OEE pada mesin *Printing* akan menjadi fokus penelitian ini. Sedangkan desain penelitian yang akan digunakan adalah penelitian deskriptif. Menggunakan jenis penelitian deskriptif, akan banyak dibahas terkait

penyebab terjadinya penurunan OEE dan bagaimana terjadinya *downtime* serta bagaimana solusi yang akan dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Observasi
 Observasi dilakukan dengan pengecekan langsung kelengkapan, laporan produksi, laporan perawatan mesin, dan diskusi dengan user dilapangan. Diskusi akan dilakukan dengan Manager Operasional, Supervisor Engineering, dan Supervisor Printing. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data-data terkait mesin *printing*.
2. Studi Literatur
 Melakukan perbaikan nilai OEE mesin *printing* dengan melihat dan menganalisa hasil penelitian terdahulu untuk dibandingkan atau memperkuat hasil penelitian dengan metode TPM dan FMEA. Penelitian terdahulu akan dijadikan referensi untuk penulis untuk melakukan perbaikan.

Berikut rumus-rumus yang dipergunakan dalam penelitian ini untuk perhitungan *six big losses* (Alvira, 2015):

$$\text{Breakdown loss} = \frac{\text{Breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Setup loss} = \frac{\text{Setup time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Speed reduce loss} = \frac{\text{Operating time} - (\text{Cycle time} \times \text{Output})}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Stopage loss} = \frac{\text{Minor stopage}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Quality loss} = \frac{\text{Cycle time} \times \text{Defect}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Start up loss} = \frac{\text{Cycle time} \times \text{Defect start up}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

Formula yang dipergunakan dalam penelitian ini untuk perhitungan OEE (Gupta & Vardhan, 2016):

$$\text{Availability rate} = \frac{\text{Loading time} \times \text{Downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Performance rate} = \frac{\text{Cycle time} \times \text{Quantity produced}}{\text{Operating time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{Quantity produced} - \text{No-good produced}}{\text{Quantity produced}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{OEE} = \text{Availability rate} \times \text{Performance rate} \times \text{Quality Rate} \quad \dots\dots\dots (10)$$

4 Hasil dan Pembahasan

Nilai OEE Mesin Pinting Kaca Film tahun 2018 ditunjukkan pada tabel 4.8. dibawah ini. Tabel di bawah menunjukkan rekap nilai OEE Mesin Pinting Kaca Film selama tahun 2018.

Tabel 1 Nilai OEE Mesin Printing Kaca Film Tahun 2018

Bulan	Availability rate (%)	Performance efficiency (%)	Quality of product (%)	OEE (%)
Januari	84%	31%	59%	15%
Februari	83%	36%	60%	18%
Maret	79%	62%	63%	31%
April	81%	57%	67%	30%
Mei	80%	68%	69%	38%
Juni	78%	57%	74%	33%
Rata-rata	81%	56%	68%	31%

Perhitungan Six Big Losses

Data di bawah adalah data yang diperoleh dari laporan produksi proses *printing* dan laporan *maintenance* mesin *printing*. Selama tahun 2018 di Divisi *Printing* tercatat telah terjadi *product defect* yang cukup tinggi. Data-data yang ditunjukkan pada table 2 merupakan hasil rekapan dari laporan produksi dan laporan *maintenance* mesin *printing*.

Tabel 2 Data produksi proses *printing* bulan Januari-Desember 2018

Uraian	Laporan Tahun 2018					
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Loading time (menit)	10.440	9.600	10.440	9.720	9.600	7.100
Operation time (menit)	8.653	7.879	7.968	7.680	7.563	5.541
Quantity produced (sheet)	116.794	120.916	202.820	169.016	191.400	108.134
Good produced (sheet)	68.400	72.960	128.744	112.556	132.392	80.180
No-good produced (sheet)	48.394	47.956	74.076	56.460	59.008	27.954
Defect start up (menit/sheet)	225	225	225	225	225	225
Cycle time (menit/sheet)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Breakdown (menit)	540	550	672	637	680	566
Reworking (menit)	637	631	975	743	776	368
Setup machine (menit)	260	260	260	260	260	260
Minor stopage	15	20	30	20	30	15
Plan preventive maintenance (menit)	150	150	150	150	150	150
Unplanned downtime (menit)	200	160	400	280	200	320

Dari data produksi di atas akan dilakukan perhitungan *six big losses*, yaitu:

1. *Breakdown loss*

Breakdown loss terjadi saat mesin tidak dapat beroperasi sehingga produksi berhenti. Perhitungan *Breakdown loss* bulan Januari 2018 dengan persamaan 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } \text{Breakdown time} &= 1.787 \text{ menit} \\ \text{Loading time} &= 10.440 \text{ menit} \end{aligned}$$

Maka,

$$\text{Breakdown loss} = \frac{540 \text{ menit}}{10.440 \text{ menit}} \times 100\% = 5\%$$

2. *Set Up dan Adjustment loss*

Setup dan Adjustment loss adalah waktu yang digunakan untuk mengganti tipe *print* mulai dari mesin berhenti sampai *print* yang berikutnya mulai proses *printing*. Perhitungan *Setup dan Adjustment loss* bulan Januari 2018 dengan persamaan 2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } \text{Setup time} &= 260 \text{ menit} \\ \text{Loading time} &= 10.440 \text{ menit} \end{aligned}$$

Maka,

$$\text{Setup loss} = \frac{260 \text{ menit}}{10.440 \text{ menit}} \times 100\% = 2\%$$

3. *Speed Reduce Loss*

Speed Reduce loss adalah penurunan kecepatan mesin dari kecepatan standar sesuai desain mesin *printing*. Perhitungan *Speed Reduce loss* bulan Januari 2018 dengan persamaan 3 adalah sebagai berikut:

Diketahui:	<i>Operating time</i>	= 8.812 menit
	<i>Cycle time</i>	= 0,04 menit
	<i>Loading time</i>	= 10.440 menit
	<i>Output</i>	= 116.794 sheet

Maka,

$$\text{Speed reduce loss} = \frac{8.812 \text{ menit} - (0,04 \text{ menit} \times 116.794 \text{ sheet})}{10.440 \text{ menit}} \times 100\% = 40\%$$

4. *Minor Stoppage Loss*

Minor Stoppage loss adalah ketika mesin berhenti hanya sesaat. Perhitungan *Minor Stoppage loss* bulan Januari 2018 dengan persamaan 4 adalah sebagai berikut:

Diketahui:	<i>Minor stoppage</i>	= 15 menit
	<i>Loading time</i>	= 10.440 menit

Maka,

$$\text{Stoppage loss} = \frac{15 \text{ menit}}{10.440 \text{ menit}} \times 100\% = 0,14\%$$

5. *Quality loss*

Quality loss adalah semua *print* yang tidak memenuhi standar. Perhitungan *Quality loss* bulan Januari 2018 dengan persamaan 5 adalah sebagai berikut:

Diketahui:	<i>Cycle time</i>	= 0,04 menit
	<i>Defect</i>	= 48.394 sheet
	<i>Loading time</i>	= 10.440 menit

Maka,

$$\text{Quality loss} = \frac{0,04 \text{ menit} \times 48.394 \text{ sheet}}{10.440 \text{ menit}} \times 100\% = 18\%$$

6. *Start up loss*

Start up loss adalah jumlah N/G produk yang terjadi saat melakukan setting mesin *printing* sampai mesin memproduksi normal. Perhitungan *Start up loss* bulan Januari 2018 dengan persamaan 6 adalah sebagai berikut:

Diketahui:	<i>Cycle time</i>	= 0,04 menit
	<i>Defect start up</i>	= 225 sheet
	<i>Loading time</i>	= 10.440 menit

Maka,

$$\text{Start up loss} = \frac{0,04 \text{ menit} \times 225 \text{ sheet}}{10.440 \text{ menit}} \times 100\% = 0,09\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dilakukan perhitungan yang sama pada bulan Februari sampai dengan bulan Desember 2018. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan *six big losses* selama tahun 2018.

Tabel 3 Six big losses tahun 2018

Bulan	Breakdown loss	Setup dan Adjustment losses	Speed Reduce Loss	Minor Stoppage Loss	Quality loss	Start up loss
Januari	5%	2%	40%	0,14%	18%	0,09%
Februari	6%	3%	34%	0,21%	20%	0,09%
Maret	6%	2%	2%	0,29%	28%	0,09%
April	7%	3%	12%	0,21%	23%	0,09%
Mei	7%	3%	2%	0,31%	24%	0,09%
Juni	8%	4%	18%	0,21%	16%	0,13%
Rata-Rata	7%	3%	13%	0,23%	22%	0,09%

Hasil perhitungan *six big losses* selama tahun 2018 di atas menunjukkan loss terbesar terlihat pada *quality loss*. *Quality loss* memiliki rata-rata selama tahun 2018 sebesar 22%. *Quality loss* terbesar adalah 28% yang terjadi pada bulan Maret 2018.

Penerapan Metode FMEA

Pada penelitian ini angka pembobotan yang digunakan pada FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) diperoleh dari hasil observasi dan wawancara atau diskusi dengan pihak terkait di perusahaan. FMEA disusun berdasarkan diagram sebab-akibat untuk memberikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Penilaian 3 faktor tersebut didasarkan dari *brainstroming* dengan pihak terkait di perusahaan. Pihak terkait tersebut adalah *Operation Manager*, *Engineering Supervisor*, dan *Printing Supervisor*. Pihak-pihak ini yang terlibat langsung dengan mesin *printing*. Nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* dipergunakan untuk menentukan nilai RPN. Nilai RPN tertinggi akan diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perbaikan terlebih dahulu. Untuk nilai RPN dengan urutan kedua dan selanjutnya dilakukan langkah perbaikan, setelah penyebab pertama selesai dilakukan perbaikan. Sebelum melakukan pengolahan data, perlu mengkonversi nilai dari *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada FMEA dengan *ranking*.

Tabel 4 Skala Severity

Effect	Rank	Criteria
No	1	No effect
Very slight	2	Very slight effect on product or system performance
Slight	3	Slight effect on product or system performanc
Minor	4	Minor effect on product or system performance
Moderate	5	Moderate effect on product or system performance
Significant	6	Product performance degraded, but operable and safe.
Major	7	Product performance severely affected but functionable and safe
Extreme	8	Product inoperable but safe. System inoperable
Serious	9	Potential hazardous effect.
Hazardous	10	Hazardous effect. Safety related-sudden failure

Sumber: (Schneider & Stamatis, 2003)

Tabel 5 Skala Occurrence

Occurrence	Rank	Criteria	CNF/1000
Almost never	1	Failure unlikely. History shows no failures	<0.00058
Remote	2	Rare number of failures likely	0.0068
Very slight	3	Very few failures likely	0.0063
Slight	4	Few failures likely	0.46
Low	5	Occasional number of failures likely	2.7
Medium	6	Medium number of failures likely	12.4
Moderately high	7	Moderately high number of failures likely	46
High	8	High number of failures likely	134
Very high	9	Very high number of failures likely	316
Almost certain	10	Failure almost certain. History of failures	>316

Sumber: (Schneider & Stamatis, 2003)

Tabel 6 Skala *Detection*

Detection	Rank	Description
<i>Almost certain</i>	1	<i>Proven detection methods available in concept stage</i>
<i>Very high</i>	2	<i>Proven computer analysis available in early design stage.</i>
<i>High</i>	3	<i>Simulation and/or modeling in early stage</i>
<i>Moderately high</i>	4	<i>Tests on early prototype system elements</i>
<i>Medium</i>	5	<i>Tests on preproduction system components</i>
<i>Low</i>	6	<i>Tests on similar system components</i>
<i>Slight</i>	7	<i>Tests on product with prototypes with system components installed</i>
<i>Very slight</i>	8	<i>Proving durability tests on products with system components installed.</i>
<i>Remote</i>	9	<i>Only unproven or unreliable technique(s) available</i>
<i>Almost impossible</i>	10	<i>No known techniques available</i>

Sumber: (Schneider & Stamatis, 2003)

Dari skala *severity*, *occurrence*, dan *detection* maka dapat ditentukan nilai RPN sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Tabel 7 Perhitungan Nilai RPN

Failure	Saverity	Occurence	Detection	RPN
Tegangan roll film tidak stabil	10	7	10	700
Tidak mencetak	9	7	10	630
Operator terjepit	10	7	9	630
<i>Dot matrix</i> mengalami dislokasi	9	8	8	576
<i>Dot matrix</i> menggumpal	9	7	8	504
<i>Blur print</i>	9	7	8	504
<i>Cylinder Pneumatic</i> tidak bekerja	8	7	7	392
Mesin Rewinder tidak dapat beroperasi	10	5	7	350
Jarak print tidak stabil	7	5	8	280
Tekanan angin turun	8	5	7	280
<i>Print</i> Bergelombang	5	5	7	175
<i>Print</i> pecah	5	5	5	125
<i>Print</i> miring	5	5	3	75
Hasil gulungan melenceng	4	5	3	60
Jarak head print tidak dapat diatur	5	5	2	50

Nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* di atas berdasarkan observasi lapangan dan diskusi dengan *Operasion Manager*, *Engineering Supervisor*, *Printing Supervisor*, dan *Operator*.

Penerapan Metode TPM

Pada penelitian ini penerapan TPM dilakukan dengan menerapkan 8 pilar TPM diantaranya adalah:

1. *5S (Seiri, Seiton, Seiketsu, dan Shiketsu)*
2. **Autonomous Maintenance**
3. **Kaizen**
4. **Planned Maintenance**
5. *Quality Maintenance*
6. *Training*
7. *Office Total Productive Maintenance*
8. *Safety, Health and Environment*

Dari 8 pilar TPM di atas yang akan menjadi fokus pada penelitian ini untuk perbaikan dalam meningkatkan nilai OEE adalah *Autonomous Maintenance*, *Kaizen*, dan *Planned Maintenance*. Perbaikan untuk *Autonomous Maintenance* adalah melakukan sosialisasi terhadap penerapan *Autonomous Maintenance* mesin *printing*. Kemudian pada pilar *Kaizen* adalah melakukan perbaikan terhadap segala prioritas yang telah analisa dan dihitung sebelumnya pada penerapan FMEA. Pada pilar *Planned Maintenance* yaitu

menerapkan jadwal untuk *preventive maintenance* dan prosedur *breakdown maintenance*. Penerapan metode TPM didasarkan pada hasil perhitungan *six big losses* dan nilai RPN pada FMEA. Berikut adalah penerapan pilar TPM yang diterapkan untuk perbaikan meningkatkan nilai OEE mesin *printing*.

Autonomous Maintenance

Autonomous maintenance terus dilakukan kepada operator mesin *printing* agar mengerti cara perawatan sederhana mesin *printing*. *Autonomous maintenance* juga bertujuan untuk mengenalkan komponen komponen mesin *printing* kepada operator, sehingga jika terjadi kondisi *upnormal* pada mesin operator dapat mengetahuinya. Edukasi bertahap dilakukan terhadap operator untuk melakukan perawatan agar masalah sekecil mungkin cepat terdeteksi.

Kaizen

Hasil perhitungan FMEA di atas menunjukkan masalah prioritas yang harus diselesaikan terlebih dahulu. Nilai RPN tertinggi adalah (1) Tegangan roll film tidak stabil, (2) Tidak mencetak, (3) Operator terjepit, dan (4) Dot matrix mengalami dislokasi. Berikut adalah perbaikan (*improvement/kaizen*) yang telah diimplementasikan pada mesin *printing*, adalah sebagai berikut:

1. Tegangan roll film tidak stabil

Dari data-data yang telah dibahas dan dari hasil perhitungan ditemukan banyak sekali *loss*. *Loss* atau kerugian dalam proses print cukup banyak ditemukan. Salah satu penyebab masalah tersebut adalah tegangan roll film tidak stabil. Masalah seperti ini akan berakibat hasil *print* kaca film yang bergelombang. Kaca film bergelombang terjadi karena media yang dilakukan injeksi *dot matrix* tidak rata, kendor, atau bergeser sehingga mengakibatkan hasil cetakan yang bergelombang. Penyebab tegangan roll film tidak stabil adalah tidak sinkronnya motor 1 dengan motor 2 penggerak *roller* kaca film pada mesin *rewinder*. Ketidaksinkronnya ini mengakibatkan gulungan roll kaca film tidak menggulung dengan sempurna sehingga tegangan roll kaca film tidak stabil. Dari hasil *brainstorming* dengan pihak-pihak terkait maka dilakukan perbaikan. Perbaikan/*improve* pada masalah ini kita setuju untuk menambahkan rangkaian alat *tension meter*. *Tension meter* berfungsi untuk mengatur tegangan roll kaca film.



Gambar 2 *Tension Meter*

Prinsip kerja *tension meter* yaitu memberikan pengereman terhadap *roller* belakang sehingga roll kaca film menjadi tertarik dan tegang. *Tension meter* dapat di *setting* dengan tegangan listrik yang memberikan signal kepada unit *tension* untuk melakukan besaran pengereman yang diinginkan. Dari unit *tension* akan di transmisikan melalui rantai dan gear yang dihubungkan ke dalam unit *pulley* pada mekanisme rangkaian *roller* mesin *rewinder*.



(a)



(b)

Gambar 3 (a). Rewinder sebelum perbaikan, (b) Penambahan unit *tension meter* sesudah perbaikan.

2. Tidak mencetak

Berdasarkan penilaian pada metode FMEA tingkat *probability* terjadinya *blank print* cukup sering. Kemudian tingkat deteksinya pun rendah. Untuk mendeteksi berulangnya *blank print* cukup sulit karena keterbatasan mesin. *Error* pada mesin seringkali tidak dapat dihindarkan karena belum ada alat untuk mendeteksi *error* tersebut. Penyebab dari *blank print* diantaranya adalah sebagai berikut: (a). *Print data changover Error*, (b). *Invalid data change timing*, (c). *Print overlap fault*, (d). *Target spacing too close*, (e). *Blank Print Item* (f). *Print data/setting notice*. Dari penyebab yang ditemukan di atas belum dapat ditemukan cara mencegah *error* tersebut. Namun, dengan perawatan terencana dan sosialisasi perawatan terhadap operator tingkat *defect* akibat *blank print* turun. Tahun 2018 *defect* akibat *blank print* adalah sebesar 86 kasus dan turun pada Semester 1 tahun 2019 menjadi sebesar 5 kasus. Seperti ditunjukkan pada Laporan Bulan Januari hingga Juni 2019.

3. Operator terjepit

Berdasarkan data di atas selama tahun 2018 telah terjadi 50 kejadian operator terjepit sehingga ini menjadi salah satu perhatian peneliti. Dalam hasil perhitungan nilai RPN pada FMEA menunjukkan hal yang serupa. Berdasarkan hasil perhitungan FMEA operator terjepit berada pada urutan ketiga. Memiliki *rank severity* yang tinggi yaitu 10, *rank occurrence* 7, dan *rank detection* 9. *Engineering* melakukan *redesign* terhadap mekanisme penggerak *roller* ini dengan membuat *cover* mekanisme penggerak seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4 (a). Mekanisme penggerak *roller* sebelum perbaikan, (b) Mekanisme penggerak *roller* sesudah perbaikan.

Dengan desain seperti ini akan menghindarkan operator terjepit saat mesin beroperasi. Terbukti dari hasil laporan K3 sampai Semester 1 tidak terjadi kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh mekanisme penggerak *roller*.

4. Dot matrix mengalami dislokasi

Berdasarkan analisa menggunakan *Diagram Pareto* dan analisa akar penyebab menggunakan *fishbone*. Berdasarkan analisa menggunakan *Diagram Pareto dot matrix* mengalami dislokasi merupakan faktor utama tingginya *quality loss* pada proses *printing*. Kemudian setelah dianalisa menggunakan *fishbone* akar penyebab *dot matrix* mengalami dislokasi adalah karena sulitnya mendapatkan kesesuaian campuran antara *makeup* dan tinta. Suhu tinggi pada mesin sangat mempengaruhi tingkat viskositas tinta. Maka disimpulkan untuk perbaikan terkait *dot matrix* mengalami dislokasi adalah dengan melakukan penambahan *air conditioner* dan penambahan *exhaust* pada ruangan *printing*.

Planned Maintenance

Penerapan *planned maintenance* pada penelitian ini dilakukan dengan penentuan jadwal *planned maintenance* pada mesin *printing*. Penentuan jadwal *maintenance* dilakukan dengan 3 jadwal, yaitu:

1. Harian

Perawatan mesin *printing* yang dilakukan setiap hari sesuai prosedur perawatan harian. Output dari perawatan harian adalah Laporan *Print Count* Mesin *Printing* dan kondisi mesin *printing*.

2. Mingguan

Perawatan mesin *printing* yang dilakukan setiap seminggu sekali sesuai prosedur perawatan mingguan. Output dari perawatan mingguan adalah Laporan Perawatan Mesin *Rewinder*.

3. Bulanan

Perawatan mesin *printing* yang dilakukan setiap sebulan sekali sesuai prosedur perawatan bulanan. Output dari perawatan bulanan adalah Laporan Perawatan Mesin *Printing* secara keseluruhan.

Nilai OEE Setelah Perbaikan

Perhitungan nilai OEE setelah penerapan Metode FMEA dan TPM didasarkan pada data laporan produksi dan data laporan *maintenance* periode Januari-Juni 2019. Dari data tersebut maka akan dilakukan perhitungan *available rate*, *performance rate*, dan *quality rate*. Berikut adalah data laporan produksi dan data laporan *maintenance*, seperti ditunjukkan tabel di bawah ini.

Tabel 8 Data produksi proses printing bulan Januari-Juni 2019

Uraian	Laporan Tahun 2019					
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Loading time (menit)	10.320	9.060	9.750	9.510	9.480	7.110
Operation time (menit)	9.119	8.138	8.695	8.507	8.488	6.170
Quantity produced (sheet)	143.520	144.900	142.600	131.560	158.240	92.460
Good produced (sheet)	100.362	130.085	118.202	107.399	137.604	75.137
No-good produced (sheet)	43.158	14.815	24.398	24.161	20.636	17.323
Defect start up (menit/sheet)	225	225	225	225	225	225
Cycle time (menit/sheet)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Breakdown (menit)	325	326	324	314	338	279
Reworking (menit)	426	146	241	238	204	171
Setup machine (menit)	260	260	260	260	260	260
Minor stopage	10	10	20	15	20	10
Plan preventive maintenance (menit)	150	150	150	150	150	150
Unplanned downtime (menit)	40	40	80	40	40	80

Perhitungan nilai OEE mesin *printing* bulan Januari 2019 setelah penerapan Metode FMEA dan TPM adalah sebagai berikut.

a. *Availability rate*

Perhitungan *availability rate* dengan persamaan 7 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Loading time	= 10.320	menit
Reworking	= 426	menit
Breakdown	= 325	menit
Setup machine	= 260	menit
Plan preventive maintenance	= 150	menit
Unplanned downtime	= 40	menit

Maka,

$$\text{Downtime} = (\text{Reworking} + \text{Breakdown} + \text{Setup machine} + \text{Plan preventive maintenance} + \text{Unplanned downtime})$$

$$= (426 + 325 + 260 + 150 + 40) \text{ menit} = 1.201 \text{ menit}$$

$$\text{Availability rate} = \frac{10.320 \text{ meniit} - 1.201 \text{ menit}}{10.320 \text{ meniit}} \times 100\% = 88\%$$

b. *Performance Rate*

Perhitungan *performance rate* dengan persamaan 8 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Cycle time	= 0,04	menit
Operating time	= 9.119	menit
Quantity produced	= 143.520	sheet

Maka,

$$\text{Performance rate} = \frac{0,04 \text{ menit} \times 143.520 \text{ sheet}}{9.119 \text{ menit}} \times 100\% = 43\%$$

c. *Quality Rate*

Perhitungan *quality rate* dengan persamaan 9 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Quantity produced = 143.520 sheet

No-good produced = 43.158 sheet

Maka,

$$\text{Quality rate} = \frac{143.520 \text{ sheet} \times 43.158 \text{ menit}}{143.520 \text{ sheet}} \times 100\% = 70\%$$

d. *Overall Equipment Effectiveness*

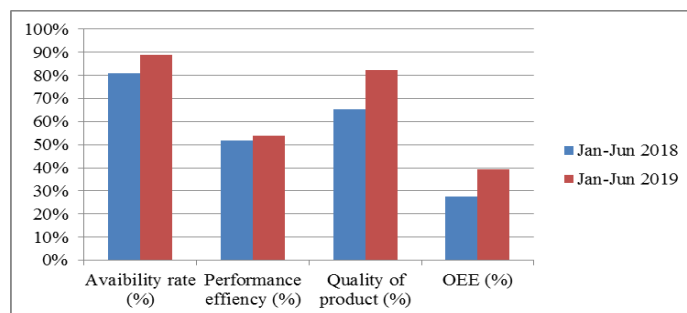
Perhitungan *OEE* dengan persamaan 10 adalah sebagai berikut:

$$\text{OEE} = 88\% \times 43\% \times 70\% = 27\%$$

Dari perhitungan nilai *OEE* di atas ditunjukkan bahwa nilai *availability* bulan Januari 2019 adalah sebesar 88%, nilai *performance* adalah sebesar 43%, dan nilai *quality rate* adalah sebesar 70%. Sehingga diperoleh nilai *OEE* yang sangat kecil yaitu sebesar 27%. Nilai *OEE* Mesin *Printing* Kaca Film tahun 2018 ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Nilai *OEE* Mesin *Printing* Kaca Film Bulan Januari-Juni 2019

Bulan	Avaibility rate (%)	Performance efficiency (%)	Quality of product (%)	OEE (%)
Januari	88%	43%	70%	27%
Februari	90%	63%	90%	51%
Maret	89%	54%	83%	40%
April	89%	50%	82%	36%
Mei	90%	64%	87%	50%
Juni	87%	48%	81%	34%
Rata-rata	89%	54%	82%	39%



Gambar 5 Grafik perbandingan nilai *OEE* Semester 1 Tahun 2018 dengan Semester 1 Tahun 2019

Pada Gambar 5 mengenai perbandingan nilai *OEE* di atas menunjukkan bahwa nilai *OEE* setelah perbaikan dengan *FMEA* dan penerapan *TPM* secara keseluruhan adalah meningkat.

5 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisis *six big losses* didapat *loss* terbesar adalah *Quality Loss* yaitu sebesar 25.597 menit atau dengan persentase 21,84 persen. Tegangan *roll* kaca film tidak stabil merupakan masalah yang paling prioritas berdasarkan perhitungan FMEA yang memiliki nilai RPN sebesar 700. Peningkatan nilai OEE mesin *printing* dengan metode FMEA dan TPM menunjukkan hasil yang cukup baik. Nilai OEE setelah perbaikan secara keseluruhan mengalami peningkatan. Berdasarkan hasil perhitungan Nilai OEE setelah perbaikan *Available Rate* mengalami kenaikan sebesar 7 persen, *Performance Rate* naik 2 persen, dan *Quality Rate* naik sebesar 17 persen. Nilai OEE setelah perbaikan meningkat mencapai 39 persen.

Referensi

- Alvira, D., Helianty, Y., & Prasetyo, H. (2015). Usulan Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Pada Mesin Tapping Manual Dengan Meminimumkan Six Big Losses. *Itenas Bandung, 03(03)*, 240–251.
- Ariyanto, D. (2017). *Implementasi Filosofi Kaizen Dalam Perbaikan Kinerja Mesin Dengan Pengukuran Nilai OEE (Overall Equipment Effectiveness) dan Eliminasi Six Big Losses Pada Mesin Printing di Manufaktur Flexible Packaging*. Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Chiarini, A. (2015). Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: an Italian manufacturing case study. *International Journal of Productivity and Quality Management, 16(4)*, 416–433. <https://doi.org/10.1504/ijpqm.2015.072414>
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: A case study. *International Journal of Production Research, 54(10)*, 2976–2988. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145817>
- Mega Satria Hiciter. (2017). Hitachi Continuous Injet Printer.
- Murrell, B., & Lissy, D. (2011). *Failure Mode and Effects Analysis Handbook 4.2*. <https://doi.org/10.1902/jop.2008.070485>
- Otosia.com. (2017). LLumar Usung Teknologi Berbasis IT Cegah Kaca Film Palsu. Retrieved April 11, 2019, from <https://www.otosia.com/berita/llumar-usung-teknologi-berbasis-it-cegah-kaca-film-palsu.html>
- RiauPos.co. (2017). LLumar Kaca Film Berbasis QR-Code. Retrieved April 11, 2019, from [www.riaupos.co News website: http://riaupos.co/159782-berita-llumar-kaca-film-berbasis-qr-code-.html](http://riaupos.co/159782-berita-llumar-kaca-film-berbasis-qr-code-.html)
- Schneider, H., & Stamatis, D. H. (2003). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. In *Technometrics* (Vol. 38). <https://doi.org/10.2307/1268911>
- Stamatis, D. H. (2010). *The OEE Primer "Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability."* New York: Taylor & Francis Group.
- Tang, S., Ng, T., Chong, W., & Chen, K. (2016). Case Study on Lean Manufacturing System Implementation in Batch Printing Industry Malaysia. *MATEC Web of Conferences, 70*, 1–4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167005002>
- Vorne Industries Inc. (2019). FREE RESOURCES AND FRESH PERSPECTIVES ON OEE. Retrieved May 15, 2019, from Industrial Dr., Itasca IL, 60143 USA website: <https://www.oeec.com/>
- Wardoyo, I. (2012). *Modul Training LLumar*. Indonesia: PT. Jaya Kreasi Indonesia.
- Zahoor, S., Shehzad, A., Mufti, N. A., Zahoor, Z., & Saeed, U. (2017). Overall equipment efficiency of Flexographic Printing process: A case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 272(1)*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/272/1/012015>