

PENINGKATAN NILAI *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* PADA PROSES PEMBUATAN KACA CERMIN DENGAN METODE FMEA

Harun Al Rasyid

Alumni Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana

E-mail: harun.ki1991@gmail.com

Abstrak

PT. ABC selaku produsen kaca cermin berusaha melakukan perbaikan yang efektif di semua lini produksi. Selama tahun 2016, pencapaian nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) di departemen produksi menunjukkan nilai OEE yang sangat rendah. Faktor utama yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE tersebut adalah faktor *downtime* mesin, *performance* mesin serta tingkat *defect* yang tinggi selama proses produksi. Melalui analisis *Six Big Losses* diperoleh tiga faktor *losses*, diantaranya adalah faktor *breakdown*, *reduce speed* dan *quality*. Untuk mengidentifikasi *losses* serta mengurangi peluang terjadinya kegagalan sistem atau proses tersebut dilakukan analisis menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dengan tujuan menentukan nilai RPN tertinggi sebagai prioritas perbaikan. Nilai RPN tertinggi untuk *breakdown* dan *quality* disebabkan oleh faktor kualitas *raw glass* yang rendah. Semetara nilai RPN tertinggi untuk *reduce speed* disebabkan oleh faktor proses dengan ukuran yang tidak efisien. Melalui metode 5W+1H disusun rencana-rencana tindakan perbaikan untuk dilakukan implementasi di departemen produksi. Setelah dilakukan perbaikan selama enam bulan sesuai yang direkomendasikan maka nilai OEE mengalami peningkatan.

Kata kunci: *Overall Equipment Effectiveness*, FMEA, produksi kaca cermin.

Abstract

PT. ABC as the manufacturer of the mirror trying to make improvements is effective in all production lines, the achievement of value of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in the production department shows a very low OEE value. The main factors affecting the low value of the OEE is a factor of downtime, machine performance and high defect rate during the production process. Through analysis of the Six Big Losses obtained three factors, including the factor breakdown, reduce speed and quality losses. To identify losses and reduce the chances of system failure or process performed the analysis using FMEA method with the objective of determining the value of the highest RPN to priority improvements. The highest RPN value to the breakdown and quality was caused by the low quality of raw glass. While the highest RPN value to reduce speed due to the size factor process inefficient. Through the method of 5W+1H drawn up plans for corrective action to be deployed in production department. After doing the improvements for six months as recommended, the OEE value increased.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness, FMEA, mirror production

1 Pendahuluan

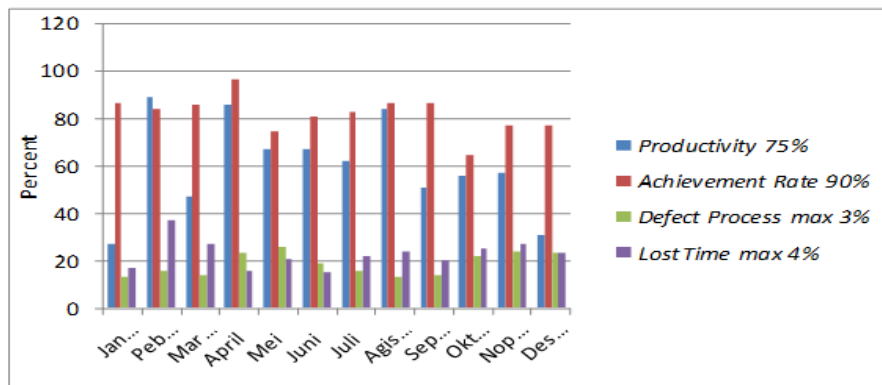
Industri kaca nasional mulai dibangun sejak awal tahun 1970 yang merupakan industri hulu kaca yang memproduksi bahan baku kaca. Industri hulu dikembangkan hingga awal tahun 1980 (Indonesian Commercial Newsletter, 2010). Kuatnya pasar dalam negeri yang permintaannya didorong sektor properti dan otomotif menjadi alasan mengapa industri ini mampu bertahan dan masih berkembang. Produk industri kaca meliputi kaca lembaran, kaca pengaman, fiber glass, kaca cermin dan kaca lainnya. Kaca lembaran merupakan produk setengah jadi yang diolah menjadi berbagai produk, yakni kaca bening (*clear float glass*), kaca berwarna (*tinted float glass*), *online reflective glass*, dan *patterned glass*.

Perkembangan industri kaca cermin saat ini menunjukkan tingkat persaingan yang sangat kompetitif. Hadirnya raksasa China sebagai salah satu produsen terbesar kaca cermin di dunia membuat para pesaingnya harus berpikir keras untuk melakukan peningkatan produktivitas dengan upaya efisiensi dan

efektifitas di berbagai sektor guna bersaing di pasar lokal maupun internasional. Berdasarkan data BPS tahun 2016 (Kementerian Perindustrian, 2016), produk kaca cermin impor memakan porsi sekitar 30% dari pasar nasional produk kaca cermin. Diterimanya produk kaca cermin impor di pasar dalam negeri disebabkan nilai jual yang sangat kompetitif, terutama cermin impor China dengan harga jual yang lebih murah 5-25% (komunikasi personal marketing PT. ABC, 2016) dibandingkan produk lokal.

Efektifitas yang rendah menjadi sasaran Rencana Manajemen Mutu (RMM) PT. ABC di setiap departemen, khususnya di bagian *Factory* yang membawahi Departemen Produksi, Perencanaan Produksi, Teknik, Gudang, dan Kualiti untuk senantiasa meningkatkan efektifitasnya guna tercapainya Visi dan Misi perusahaan. Rendahnya efektifitas di bagian *Factory* menyebabkan target yang ditetapkan oleh perusahaan menjadi sulit dicapai. Keterkaitan yang saling mempengaruhi di antara masing-masing departemen menjadi kendala tidak tercapainya target yang ditetapkan kepada Departemen Produksi.

Target-target perusahaan yang ditetapkan dalam Rencana Manajemen Mutu (RMM) Departemen Produksi dituangkan dalam empat Sasaran Mutu (SM) Departemen Produksi, diantara sasaran mutu adalah *Productivity*, *Lost Time*, *Achievement Rate*, dan *Defect Process*. Rata-rata capaian Sasaran Mutu pada kasus perusahaan cermin tergolong rendah, masih banyak capaian SM perusahaan yang belum mencapai target seperti dapat dilihat pada Gambar 1.

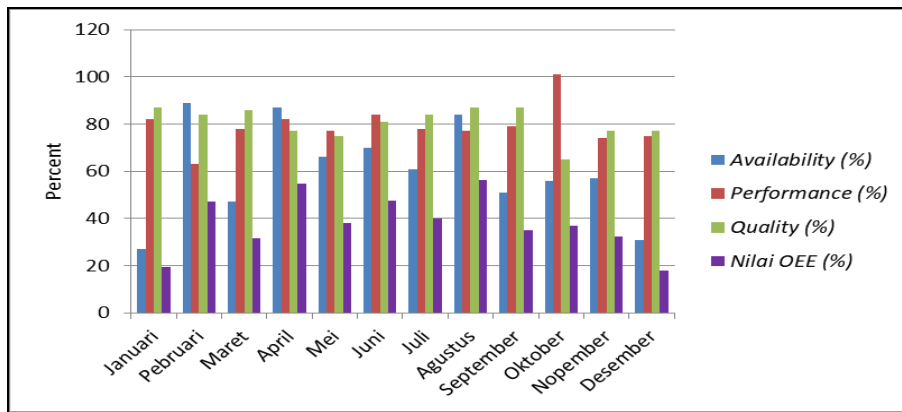


Gambar 1 Pencapaian Sasaran Mutu (SM) Produksi Cermin Tahun 2016

Sumber: Dokumen PT ABC, 2016

Salah satu metode pengukuran kinerja yang banyak digunakan yang mampu mengatasi masalah ketidakefektifan dalam pengelolaan operasi mesin adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) melalui analisis *Six Big Losses* (Denso, 2006). Metode *Root Cause of Failure Analysis* (RCFA) yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dan mencegah timbulnya permasalahan dalam suatu sistem adalah metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Evaluasi kegagalan FMEA proses dilakukan dengan menggunakan tiga indikator, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O) serta *Detection* (D) untuk menghasilkan RPN (*Risk Priority Number*) (McDermott, 2009).

Selama tahun 2016 pencapaian nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) di departemen produksi menunjukkan angka persentasi yang rendah (Gambar 2) dengan rata-rata nilai OEE 38% dengan rincian *Availability* 60%, *Performance* 79% dan *Quality* 80% (Dokumen PT. ABC, 2016). Target yang ditetapkan PT. ABC adalah nilai OEE 75% dengan rincian *Availability* 85%, *Performance* 90% dan *Quality* 95%. Sedangkan untuk menjadi perusahaan yang berkelas dunia, *World Class Manufacturing* atau Industri Tangguh, maka Nilai OEE harus $\geq 85.0\%$ (*Availability* 90%, *Performance* 95% dan *Quality* 99,9%) (Dal, 2000).



Gambar 2. Nilai Availability (A), Performance (P), Quality (Q) dan OEE (%) selama tahun 2016
 Sumber: Dokumen PT ABC diolah, 2016

2 Kajian Teori

Six Big Losses (Enam Kerugian Besar)

Kegiatan dan tindakan-tindakan yang dilakukan dalam TPM tidak hanya berfokus pada pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin/peralatan dan meminimalkan *downtime* mesin/peralatan. Akan tetapi banyak faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisien mesin/peralatan. Rendahnya produktivitas mesin/peralatan yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan sering diakibatkan oleh penggunaan mesin/peralatan yang tidak efektif dan efisien yang mengakibatkan enam kerugian besar (*six big losses*). Adapun enam kerugian besar (*six big losses*) dapat dikelompokkan menjadi tiga katagori sebagai berikut (Nakajima, 1988). Berikut ini merupakan penjelasan dari 6 faktor *six big losses*:

1. *Downtime* (Penurunan Waktu)
 - a. *Equipment failur/breakdown* (kerugian karena kerusakan pada mesin/peralatan atau tidak beroperasinya mesin).

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Breakdown mesin}}{\text{Net Operation Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$
 - b. *Set up and adjustment* (Kerugian karena pemasangan, penyetelan atau ganti produk).

$$\text{Set up Losses} = \frac{\text{Set up mesin}}{\text{Net Operation Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$
2. *Speed Losses* (Penurunan Kecepatan)
 - a. *Idling and minor stoppages* (Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun berhenti sesaat).

$$\text{Minor Stoppages Losses} = \frac{(\text{Target produksi} - \text{Aktual produksi})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$
 - b. *Reduced Speed* (Kerugian karena penurunan kecepatan produksi).

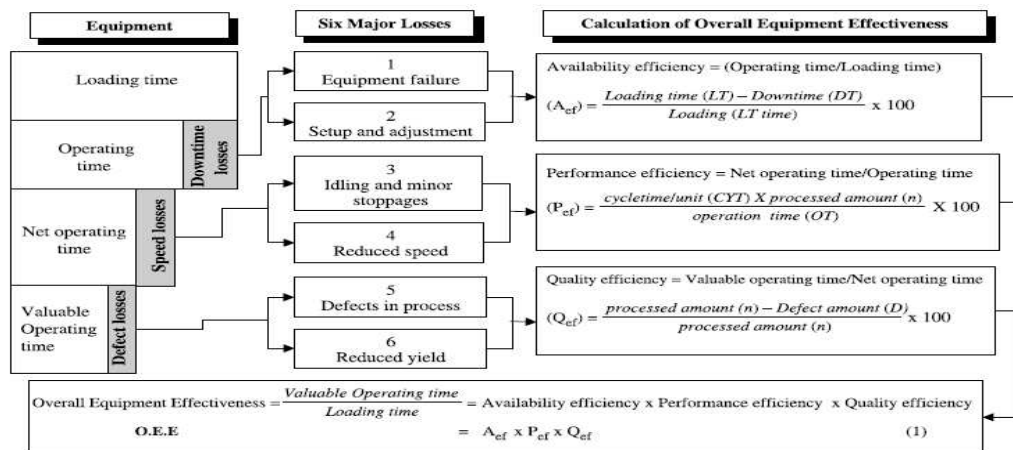
$$\text{Reduced Speed Losses} = \frac{(\text{Target} - \text{Total Output})}{\text{Target}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$
3. *Defects* (Cacat)
 - a. *Process Defect* (Kerugian karena produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang).

$$\text{Defects Losses} = \frac{(\text{Total Output} - \text{Total Bagus})}{\text{Total Output}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$
 - b. *Reduced Yield Losses* (Kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai waktu produksi yang stabil).

$$\text{Reduced Yield Losses} = \frac{(\text{Aktual Proses} - \text{Aktual Output})}{\text{Aktual Proses}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan produk dari *six big losses* pada mesin atau peralatan. Keenam factor dalam *six big losses* dapat dikelompokkan ke dalam tiga komponen utama dalam OEE untuk dapat digunakan dalam mengatur kinerja mesin, yaitu *downtime losses*, *speed losses*, dan *defect losses* seperti dalam Gambar 3. OEE merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat efektifitas mesin/peralatan dan kinerjanya secara teori (Nakajima,1988).



Gambar 3 Overall Equipment Effectiveness and Goals (Nakajima,1988)

Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu untuk ditingkatkan efektifitasnya ataupun efisiensi mesin/peralatan dan juga dapat menunjukan area *bottleneck* yang terdapat pada lintasan produksi. OEE juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara yang tepat untuk menjamin peningkatan efektifitas penggunaan mesin/peralatan.

Formula matematis dari *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), (Nakajima,1988):

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality Rate} \times 100 \% \quad (7)$$

Kondisi operasi mesin/peralatan produksi tidak akan akurat ditunjukkan jika hanya didasari oleh perhitungan satu faktor saja, misalkan *performance* 100% saja. Dari *six big losses* baru *minor stoppages* saja yang dihitung pada *performance* mesin/peralatan. Keenam faktor dalam *six big losses* harus diikutkan dalam perhitungan OEE, kemudian kondisi aktual dari mesin/peralatan dapat dilihat secara akurat.

Availability Rate

Availability merupakan rasio *operating time* yang terdapat waktu loading time . Sehingga dapat dihitung *availability* mesin yang dibutuhkan nilai dari 1) *Operating time*, 2) *Loading time*, dan 3) *Downtime*. Nilai *availability* dihitung dengan rumus, (Nakajima,1988):

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operatina Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (8)$$

Loading Time adalah waktu yang tersedia (*availability*) per hari atau per bulan dengan waktu *downtime* mesin direncanakan (*planned downtime*).

$$\text{Loading Time} = \text{Total availability} - \text{Planned Downtime} \quad (9)$$

Planned downtime adalah jumlah waktu *downtime* mesin untuk pemeliharaan (*scheduled maintenance*) atau kegiatan manajemen lainnya. *Operation time* merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan waktu *downtime* mesin (*non operation time*), dengan kata lain *operation time* adalah waktu operasi tersedia (*available time*) setelah waktu *downtime* mesin keluar dari *total availability time* yang direncanakan. Sedangkan *Downtime* mesin adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin/peralatan (*equipment failur*) mengakibatkan tidak adanya output yang dihasilkan. *Downtime* meliputi mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin/peralatan, penggantian cetakan (*dies*), pelaksanaan prosedur set up dan adjustment dan lain-lain.

Performance Rate

Performance merupakan hasil perkalian dari *operation speed rate* dan *net operation rate*, atau rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia yang

melakukan proses produksi (*operation time*). *Operation speed rate* merupakan perbandingan antara kecepatan ideal mesin berdasarkan kapasitas mesin sebenarnya (*theoretical/ideal cycle time*) dengan kecepatan mesin aktual.

Persamaan matematikanya, (Nakajima,1988):

$$\text{Operation speed rate} = \frac{\text{Ideal cycle time}}{\text{Actual cycle time}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Net operation rate} = \frac{\text{Actual process time}}{\text{Operating time}} \dots\dots\dots(11)$$

Net operation rate merupakan perbandingan antara jumlah produk yang diproses (*process amount*) dikalikan dengan *actual process time* dibagi dengan *operating time*. *Net operation rate* berguna untuk menghitung kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh *minor stoppages* dan menurunnya kecepatan produksi (*reduced speed*).

Tiga faktor penting yang dibutuhkan untuk menghitung *performance*:

1. *Ideal cycle* (waktu siklus ideal/waktu standar).
2. *Processed amount* (jumlah produk yang terpasang).
3. *Operation time* (waktu proses mesin).

Performance dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Performance Rate} &= \text{net operating} \times \text{operating cycle time} \\ &= \frac{\text{Actual Prose times}}{\text{Operating time}} \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

Quality Rate

Quality Rate adalah rasio jumlah produk yang lebih baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Jadi *rate of quality product* adalah hasil perhitungan dengan menggunakan dua faktor:

1. *Processed amount* (jumlah produk yang diproses)
2. *Defects amount* (jumlah produk cacat)

Rate of quality product dapat dihitung dengan persamaan, (Nakajima,1988):

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defects amount}}{\text{Processed amount}} \dots\dots\dots (13)$$

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur yang mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Melalui menghilangkan mode kegagalan, maka FMEA akan meningkatkan kepuasan pelanggan yang menggunakan produk tersebut. Namun, penggunaan FMEA akan lebih efektif apabila diterapkan pada produk atau proses baru sehingga dapat mempengaruhi keandalan dari produk atau proses tersebut (McDermott, 2009).

FMEA dapat dipakai baik untuk menganalisis mode kegagalan pada proses maupun produk. Pada penelitian ini, FMEA yang digunakan adalah FMEA proses. Evaluasi kegagalan FMEA proses dilakukan dengan menggunakan tiga indikator (McDermott, 2009), yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O) serta *Detection* (D). Untuk menentukan nilai prioritas mode kegagalan, ketiga indikator tersebut dikalikan dan menghasilkan RPN (*Risk Priority Number*). RPN ini menunjukkan tingkat prioritas sebuah mode kegagalan yang diperoleh dari hasil analisis pada proses yang dianalisis. Semakin tinggi nilai RPN maka urutan prioritas perbaikannya semakin tinggi. Nilai RPN dihitung dengan rumus, (McDermott, 2009):

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D} \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:

- (S) = *Severity* (Pengaruh Buruk)
- (O) = *Occurrence* (Kemungkinan)
- (D) = *Detection* (Tingkat Pencegahan)

Severity merupakan suatu estimasi atau perkiraan subyektif tentang bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut seperti pada Tabel 1 (McDermott, 2009).

Tabel 1. Tabel *Severity* (Pengaruh buruk)

Ranking	Kriteria
1	Negligible severity (pengaruh buruk yang diabaikan). Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini.
2	Mild severity (pengaruh buruk yang ringan). Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler.
3	
4	Moderate severity (pengaruh buruk yang moderat).
5	Pengguna merasakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi.
6	Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat.
7	High severity (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak akan diterima, berada diluar batas toleransi.
8	Perbaikan yang dilakukan sangat mahal.
9	Potential safety problem (masalah keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan berpengaruh terhadap keselamatan pengguna.
10	Bertentangan dengan hukum.

Sumber: (McDermott, 2009)

Occurrence menunjukkan nilai keseringan suatu masalah yang terjadi karena *potential cause* (McDermott, 2009). Adapun nilai *occurrence* dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel *Occurrence* (Kemungkinan)

Degree	Frekuensi Kejadian (per 1000 item)	Rating
Remote	0,01	1
Low	0,1	2
	0,5	3
Moderate	1	4
	2	5
	5	6
High	10	7
	20	8
Very High	50	9
	100	10

Sumber: (McDermott, 2009)

Detection rate merupakan alat control yang digunakan untuk mendeteksi *potential cause*. Identifikasi metode–metode yang diterapkan untuk mencegah atau mendeteksi penyebab mode kegagalan Tabel 3. (McDermott, 2009).

Tabel 3. *Detection rate*

Rating	Kriteria	Frekuensi kejadian (per 1000 item)
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab muncul.	0.01
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah.	0.1
3		0.5
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderate.	1
5	Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi.	2
6		5
7	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Penyebab masih	10
8	berulang kembali.	20
9	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan	50
10	tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	100

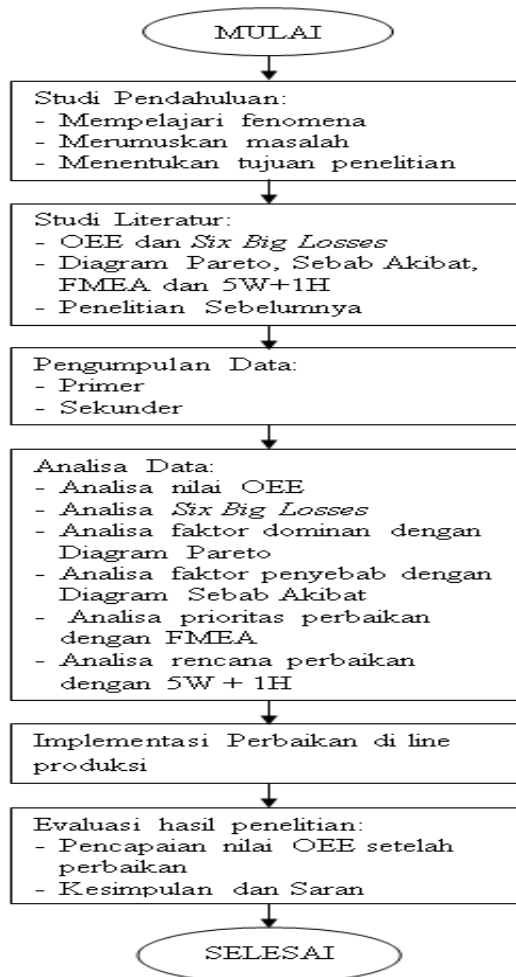
Sumber: (McDermott, 2009)

3 Metoda

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif terkait dengan *Downtime*, *Set Up*, *Reduced speed*, *Reduced Yield*, *Defect*, *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Informasi diperoleh berdasarkan *brainstorming* di lantai produksi *line-1* dan *training centre* bersama operator produksi dan bagian lain.

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dengan metode observasi lapangan dan wawancara dengan narasumber yang mengetahui dan memahami kondisi mesin produksi, yaitu teknisi, operator, asisten supervisor dan supervisor produksi yang sudah bekerja lebih dari 20 tahun. Data sekunder diperoleh dari data Laporan Produksi, Laporan Maintenance, Laporan QC dan Laporan *Production Planing*. Data sekunder ini diperoleh dari laporan produksi mesin *line-1* mulai dari bulan Januari sampai Desember 2016.

Analisis data dilakukan terhadap variabel-variabel *Availability Rate*, *Performance Rate*, *Quality Rate*, OEE, *Six Big Losses*, Analisa Diagram Pareto, Analisa Diagram Sebab Akibat, dan Analisa FMEA. Tahapan lengkap dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Alur penelitian peningkatan OEE pada Produksi Cermin

4 Hasil dan Pembahasan

Availability Rate

Availability rate merupakan rasio *operating time* terhadap *loading time*. Sesuai persamaan (8), maka *Availability Rate* dapat dihitung.

Tabel 4. Hasil perhitungan *Availability Rate* selama tahun 2016.

Bulan	Loadtime (shift)	Downtime (shift)	Loadtime - Down time (shift)	Availability rate (%)
Januari	26	18,8	7,2	27
Pebruari	3	0,33	2,67	89
Maret	7	3,7	3,3	47
April	21	2,7	18,3	87
Mei	19	6,5	12,5	66
Juni	21	6,4	14,6	70
Juli	18	7	11	61
Agustus	22	3,6	18,4	84
September	26	12,7	13,3	51
Oktober	32	14,1	17,9	56
Nopember	32	13,8	18,2	57
Desember	32	22,1	9,9	31
Rata-rata				60

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Performance Rate

Performance rate merupakan hasil perkalian dari *operation speed rate* dan *net operation rate*, atau rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia yang melakukan proses produksi (*operation time*) sesuai persamaan (12), maka *Performance Rate* dapat dihitung.

Tabel 5. Hasil perhitungan *Performance Rate* selama tahun 2016.

Bulan	Total Aktual Proses (SQM)	Target yang Ditetapkan (SQM)	Performance rate (%)
Januari	17.671	21.678	82
Pebruari	5.155	8.141	63
Maret	7.793	10.007	78
April	44.48	54.099	82
Mei	30.612	39.623	77
Juni	35.859	42.459	84
Juli	27.087	34.865	78
Agustus	45.452	59.136	77
September	33.358	42.294	79
Oktober	44.363	43.706	101
Nopember	45.593	61.609	74
Desember	27.942	37.153	75
Rata-rata			79

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Quality Rate

Quality rate produk adalah rasio jumlah produk yang lebih baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Sesuai dengan persamaan (13), maka *Quality Rate* dapat dihitung.

Tabel 6. Hasil perhitungan *Quality Rate* selama tahun 2016.

Bulan	Total Bagus (SQM)	Total Aktual Proses (SQM)	<i>Quality rate</i> (%)
Januari	15.352	17.671	87
Pebruari	4.308	5.155	84
Maret	6.704	7.793	86
April	34.448	44.48	77
Mei	22.817	30.612	75
Juni	28.875	35.859	81
Juli	22.644	27.087	84
Agustus	39.559	45.452	87
September	28.915	33.358	87
Oktober	34.451	44.363	65
Nopember	34.917	45.593	77
Desember	21.445	27.942	77
Rata-rata			80

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Nilai OEE

Formula matematis dari *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dapat dirumuskan ketika tiga faktor *Availability*, *Performance*, *Quality Rate* diketahui. Sesuai dengan persamaan (7), maka nilai OEE dapat dihitung.

Tabel 7. Hasil perhitungan Nilai OEE berdasarkan *Availability*, *Performance* dan *Quality Rate* selama tahun 2016

Bulan	<i>Availability rate</i> (%)	<i>Performance rate</i> (%)	<i>Quality rate</i> (%)	Nilai OEE (%)
Januari	27	82	87	19
Pebruari	89	63	84	47
Maret	47	78	86	32
April	87	82	77	55
Mei	66	77	75	38
Juni	70	84	81	48
Juli	61	78	84	40
Agustus	84	77	87	56
September	51	79	87	35
Oktober	56	101	65	37
Nopember	57	74	77	32
Desember	31	75	77	18
Rata-rata	60	79	80	38

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Nilai rata-rata OEE yang dicapai selama tahun 2016 masih sangat rendah, yaitu hanya 38%, sementara target nilai OEE perusahaan adalah 75% sedangkan untuk mencapai perusahaan *world class* nilai OEE harus $\geq 85\%$.

Perhitungan *Six Big Losses*

Perhitungan *Breakdown Losses*

Breakdown Losses adalah merupakan rasio antara *breakdown* mesin dengan *Net Operation Time* atau waktu yang digunakan untuk proses. Sesuai persamaan (1) maka nilai *Breakdown Losses* dapat dihitung.

Tabel 8. Hasil perhitungan *Breakdown Losses* selama tahun 2016

Bulan	<i>Breakdown Mesin</i> (jam)	<i>Net Op. Time</i> (jam)	<i>Breakdown Losses</i> (%)
Januari	10,81	72	15
Pebruari	8,06	24	33
Maret	6,73	32	21
April	26,2	168	16
Mei	24,35	136	18
Juni	19,15	152	13
Juli	24,35	120	20
Agustus	43,93	192	23
September	26,46	136	19
Oktober	34,11	136	25
Nopember	52,69	200	26
Desember	24,67	200	12
Rata-rata	21,5	130	20

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Perhitungan *Set up Losses*

Set up Losses adalah merupakan perbandingan antara *set up* mesin dengan *Net Operation Time* atau waktu proses. Sesuai dengan persamaan (2) maka nilai *Set up Losses* dapat dihitung.

Tabel 9. Hasil perhitungan *Set up Losses* selama tahun 2016

Bulan	<i>Set up Mesin</i> (jam)	<i>Net Op. Time</i> (jam)	<i>Set up Losses</i> (%)
Januari	0,92	72	1,3
Pebruari	0,15	24	0,6
Maret	1,41	32	4,4
April	1,22	168	0,7
Mei	3,13	136	2,3
Juni	0,72	152	0,5
Juli	1,8	120	1,5
Agustus	0,93	192	0,5
September	0,70	136	0,5
Oktober	0,86	136	0,6
Nopember	1,23	200	0,6
Desember	2,82	200	1,4
Rata-rata	1,1	130	1,3

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Perhitungan *Minor Stoppage Losses*

Kerugian karena mesin beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat muncul akibat faktor eksternal yang mengakibatkan mesin/peralatan berhenti berulang-ulang atau mesin/peralatan beroperasi tanpa menghasilkan produk sangat jarang terjadi sehingga untuk kasus *Minor Stoppage Losses* tidak dapat diidentifikasi/dihitung.

Perhitungan *Reduce Speed Losses*

Reduce speed losses adalah merupakan perbandingan antara selisih kuantitas (*square meter* atau SQM) target *output* yang ditetapkan dengan kuantitas *output* dengan target yang ditetapkan. Sesuai dengan persamaan (4) maka nilai *Reduce Speed Losses* dapat dihitung.

Tabel 10. Hasil perhitungan *Reduce Speed Losses* selama tahun 2016

Bulan	Total Aktual Proses (SQM)	Target Ditetapkan (SQM)	Target-Aktual (SQM)	<i>Reduce Speed Losses</i> (%)
Januari	17.671	21.678	4.007	18.5
Pebruari	5.155	8.141	2.986	36.7
Maret	7.793	10.007	2.214	22.1
April	44.48	54.099	9.619	17.8
Mei	30.612	39.623	9.011	22.7
Juni	35.859	42.459	6.6	15.5
Juli	27.087	34.865	7.778	22.3
Agustus	45.452	59.136	13.684	23.1
September	33.358	42.294	8.936	21.1
Oktober	44.363	43.706	-0.657	-1.5
Nopember	45.593	61.609	16.016	26.0
Desember	27.942	37.153	9.211	24.8
Rata-rata	30.447	37.897	7.450	19.7

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Perhitungan *Defect Losses*

Defect Losses adalah merupakan perbandingan antara selisih kuantitas (*square meter* atau SQM) total output yang dihasilkan dengan kuantitas total output (*square meter* atau SQM) dengan kuantitas (*square meter* atau SQM) total output yang dihasilkan. Sesuai dengan persamaan (5) maka nilai *Defect Losses* dapat dihitung.

Tabel 11. Hasil perhitungan *Defect Losses* selama tahun 2016

Bulan	Total Bagus (SQM)	Total Aktual Proses (SQM)	Aktual Proses-Aktual Bagus (SQM)	<i>Defect Losses</i> (%)
Januari	15.352	17.671	2.319	13.1
Pebruari	4.308	5.155	0.847	16.4
Maret	6.704	7.793	1.089	14.0
April	34.448	44.48	10.032	22.6
Mei	22.817	30.612	7.795	25.5
Juni	28.875	35.859	6.984	19.5
Juli	22.644	27.087	4.443	16.4
Agustus	39.559	45.452	5.893	13.0
September	28.915	33.358	4.443	13.3
Oktober	34.451	44.363	9.912	22.3
Nopember	34.917	45.593	10.676	23.4
Desember	21.445	27.942	6.497	23.3
Rata-rata	24.536	30.447	5.911	19.4

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Perhitungan *Reduced Yield Losses*

Reduced Yield Losses adalah merupakan perbandingan antara selisih kuantitas (*square meter* atau SQM) aktual proses dengan kuantitas aktual output yang dihasilkan (*square meter* atau SQM) dengan kuantitas

(square meter atau SQM) aktual proses yang dihasilkan. Sesuai dengan persamaan (6) maka nilai *Reduced Yield Losses* dapat dihitung.

Tabel 12. Hasil perhitungan *Reduced Yield Losses* selama tahun 2016

Bulan	Total Aktual Proses (SQM)	Total Output (SQM)	Aktual Proses-Aktual Output (SQM)	Reduce Yield Losses (%)
Januari	17.671	17.311	360	2.0
Pebruari	5.155	5.134	21	0.4
Maret	7.793	7.660	133	1.7
April	44.48	44.074	406	0.9
Mei	30.612	30.308	304	1.2
Juni	35.859	35.680	179	0.5
Juli	27.087	26.594	493	1.3
Agustus	45.452	45.068	384	0.8
September	33.358	32.882	476	1.1
Oktober	44.363	43.645	718	1.6
Nopember	45.593	44.855	738	0.8
Desember	27.942	27.562	380	1.4
Rata-rata	30.447	30.447	383	1,1

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Pembobotan *Six Big Losses*

Hasil pembobotan terhadap *six big losses* dan frekuensi relatif (%).

Tabel 13. Pembobotan terhadap masing-masing nilai *six big losses*

No	Jenis Losses	Losses (%)	Frekuensi relatif (%)	Akumulasi (%)
1	<i>Breakdown Losses (%)</i>	20	32,5	32.5
2	<i>Set up Losses (%)</i>	1,3	2,2	34.7
3	<i>Minor Stoppage Losses (%)</i>	0	0	34.7
4	<i>Reduce Speed Losses (%)</i>	19,7	32	66.7
5	<i>Reduce Yield Losses (%)</i>	1,1	1,8	68.5
6	<i>Defect Losses (%)</i>	19,4	31,5	100
Total		61,5	100	100

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Terdapat tiga permasalahan *Losses* tinggi yang perlu segera dilakukan tindakan perbaikan, yaitu *Breakdown Losses*, *Reduce Speed Losses* dan *Defect Losses*. Untuk mengidentifikasi *Breakdown Losses*, *Reduce Speed Losses*, serta *Defect Losses* guna mengurangi peluang terjadinya kegagalan sistem atau proses tersebut dilakukan analisis menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dengan tujuan menentukan nilai RPN tertinggi sebagai prioritas perbaikan. Dengan menentukan nilai prioritas mode kegagalan, ketiga indikator *Severity (S)*, *Occurrence (O)* serta *Detection (D)* tersebut dikalikan dan menghasilkan RPN (*Risk Priority Number*).

Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tabel 14. Perhitungan RPN *Breakdown Losses*

Jenis Kerugian	Komponen/ Proses	Identifikasi Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi (<i>Potential Failure Mode</i>)	Identifikasi Akibat dari Kegagalan (<i>Potential Effect of Failure</i>)	S	Penyebab Kegagalan (<i>Potential Causes of Failure</i>)	O	Kontrol	D	RPN	
<i>Breakdown Losses</i>	Manusia/ Operator	Operator kurang disiplin	Proses produksi berhenti	5	Operator kurang memiliki tanggungjawab	4,6	Breafing sebelum dan setelah proses produksi	2,3	52,9	
		Operator tidak menjaga kebersihan		6	Operator tidak menjalankan kewajiban	4,3	Lakukan training 5R	2	51,6	
	Mesin	Exhaust di kabin silver lemah/rusak	Mesin tidak beroperasi	7,6	Modifikasi kurang optimal	6,6	Kebersihan sar-ingan diperhatikan	6	300,9	
		Hoist rusak		6,3	Mesin sudah tua, <i>spare part</i> kanibal	5	Kegiatan perawa-tan lebih intensif	2,6	85,8	
	Metode	Karpet BC/TC rusak		5,6	Order lama (import) dan harga mahal	7	<i>Life time</i> lebih diprhatikan	4	156,8	
		Terjadi kasar	cat	Proses produksi sering stop untuk mencari penyebabnya	2,6	Stock saringan terbatas, pencucian saringan tidak optimal	4,6	Pencucian lebih sering	3	35,9
	Material	Terjadi Ball	Foot	atau mengganti dengan cat baru	2,6	Schedule mendadak, proses pegadukan tidak sempurna	5,6	Schedule H-1 minimal	4,3	62,6
		Kualitas jelek	RG	Proses produksi sering stop karena ganti kemasan baru	6,6	Tidak sesuai <i>spec.</i> Kelalaian suplier saat kirim	7	Memastikan lebih awal kualitas RG	6,3	323,4
	<i>Breakdown Losses</i>	Material	RG habis	Proses produksi sering stop karena harus ganti ukuran atau kemasan lain, mencari kertas bekas	5	<i>Forecast</i> tidak akurat, perencanaan kurang tepat	6,6	Evaluasi <i>forecast</i> bulanan	7	231
		Lingkungan	Ruangan panas	Potensi kerusakan tidak teridentifikasi dari awal	4,6	Operator tidak di tempat	5	Komunikasi lebih intensif	3,6	82,8
Ruangan solvent			bau	Potensi kerusakan tidak teridentifikasi dari awal	4,6	Operator tidak di tempat	5,3	Komunikasi lebih intensif	4	97,5

Keterangan: (S) *Severity*, (O) *Occurrence* serta (D) *Detection*

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Analisis FMEA terhadap *Reduce Speed Losses*

Tabel 15. Perhitungan RPN *Reduce Speed Losses*

Jenis Kerugian	Komponen/ Proses	Identifikasi Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi (<i>Potential Failure Mode</i>)	Identifikasi Akibat dari Kegagalan (<i>Potential Effect of Failure</i>)	S	Penyebab Kegagalan (<i>Potential Causes of Failure</i>)	O	Kontrol	D	RPN	
<i>Reduce Speed Losses</i>	Manusia	Konsistensi operator kurang	Hasil tidak sesuai target <i>Square meter</i> akibat persiapan awal proses terlambat, Ganti ukuran terlalu lama, jarak antar kaca jauh	6,3	Suplai RG terlambat, kelelahan	5,6	Pergantian personil dipercepat	3,3	116,4	
				4,6	Datang terlambat ke <i>line</i> produksi	3,6	Lembur di awal proses untuk operator inlet dan silver	5	82,8	
	Mesin	<i>Speed Conveyor</i> tidak stabil, sering terjadi ovel lap antar kaca	Gap antar kaca lebih lebar dari standar, pencapaian kurang dari target	5,6	Diameter <i>roll</i> donat tidak seragam akibat pergantian <i>roll</i> donat secara parsial, set up speed <i>interchange</i> .	5	Lakukan pergantian pada <i>roll</i> yang ukurannya berbeda, lebar kaca < 48 inchi	5	140	
				Metode	Kaca pecah saat kemasan dibuka, proses bongkar kemasan lama	Kaca terlambat masuk di inlet atau <i>line</i> produksi	5,6	Ukuran jumbo yang menggunakan kemasan <i>metal end cap</i> , sulit dibuka	5,3	Waktu persiapan lebih lama, komplain suplier terkait pecah
	Material	Proses dengan ukuran tidak ideal	Proses dengan ketebalan > 6 mm atau <i>jumbo size</i>				Proses kaca kecil, proses dengan 2 pcs atau lebih	5	Kecepatan operator memasukan kaca kalah cepat dengan kecepatan mesin	4,6
				Lingkungan	Atap gudang bocor, banjir terkena RGlass	Raw Glass basah sehingga perlu Trial		6	Permintaan pelanggan	7
		Proses dengan ketebalan > 6 mm atau <i>jumbo size</i>	Gap antar kaca harus lebih lebar				3,6	Oven kurang panas, cat tidak kering	4	Mencari kondisi ideal proses
				5	Meminimalisir hasil produk gagal di konsumen	4,6	Kegitan pemeliharaan gedung lebih diperhatikan	1	23	

Keterangan: (S) *Severity*, (O) *Occurrence* serta (D) *Detection*

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Analisis FMEA terhadap *Defect Losses*

Tabel 16. Perhitungan RPN *Defect Losses*

Jenis Kerugian	Komponen/ Proses	Identifikasi Jenis Kegagalan yang Sering Terjadi (<i>Potential Failure Mode</i>)	Identifikasi Akibat dari Kegagalan (<i>Potential Effect of Failure</i>)	S	Penyebab Kegagalan (<i>Potential Causes of Failure</i>)	O	Kontrol	D	RPN
<i>Defect Losses</i>	Manusia	<i>Line</i> produksi kotor, 5R tidak jalan	Terjadi rejek cat kasar, Pin Hole, Black Stains	7	Pintu bagian Top Coat dan Silver sering terbuka, saringan udara terlambat ganti	7,3	Training 5R dari mulai suovervisor sampai operator	5	255,5
		Kurang tanggungjawab dan tidak menjalankan SOP	Rejek akibat <i>Raw Glass</i> tinggi	4,3	Kemampuan membaca kode produksi suplier <i>Raw Glass</i> kurang	4	Pemahaman tentang tugas dan kewajiban selaku bagian produksi	4,6	79,1
	Mesin	Exhaust lemah menghisap uap kimia di kabim silver	Rejek <i>Black spots</i>	7	Daya hisap motor kurang besar setelah dilakukan rekondisi	6,6	Ganti <i>exhaust</i> atau pembersihan filter lebih sering dilakukan	6	277,2
		<i>Heater</i> pada <i>Hanger traverse Silver</i> mati	Terjadi rejek <i>Black Spots</i>	5	Posisi <i>heater</i> rawan mati	6,6	Lakukan pengecekan pada awal proses	6	198
	Metode	Penyimpanan cat dan bahan kimia lainnya	Potensi rejek Cat Kasar, <i>Pin Hole</i> , <i>Foot Ball</i> tinggi	5	Tidak ada tempat khusus untuk penyimpanan cat dengan temperatur < 25° C	5,3	Metode FIFO dijalankan oleh pihak gudang	4	106
		Waktu tunggu hasil pengadukan cat dan bahan kimia lainnya		6		6,3	Koordinasi dengan bagian perencanaan	4	151,2
	Material	Metode pembuatan Kaca Dekorasi <i>Color Coat</i>	Potensi rejek Cat Kasar, <i>Pin Hole</i> , <i>Foot Ball</i> tinggi	7,6	Belum ditemukan metode yang benar-benar tepat	7	Lakukan sesuai prosedur yang ada	6	319,2
		Kualitas <i>Raw Glass</i> jelek	Potensi rejek <i>Bubble</i> , <i>Black and White Spots</i> , <i>Scratch</i> , <i>Yellowstains</i>	7,3	Lolos inspeksi dari suplier	7,3	Up date kualitas RG ke suplier	7	373,1
		Cat tidak stabil kualitasnya	Potensi rejek Cat Kasar, <i>Pin Hole</i> , <i>Foot Ball</i> tinggi	7	Kondisi penyimpanan tidak ideal	5	Metode FIFO dijalankan oleh pihak gudang	4	140
		Material baru (impor <i>Raw Glass</i> dari China)	Potensi rejek <i>Bubble</i> , <i>Black Spots</i> , <i>Yellow Stains</i> , dan Pecah lebih tinggi dari suplier lokal	7	Tidak sesuai spec yang disepakati	7	Sesuai standar kualitas <i>Raw Glass</i>	4	196

Tabel 16. Lanjutan

Lingkunga	Kondisi tempat produksi panas	Ketika ada masalah di mesin tidak langsung ditangani	5	Operator sering meninggalkan tempat	5,3	Operator akan meninggalkan tempat koordinasi dengan supervisor	5	132,5
	Tempat produksi bau solvent		5,3		5,3		4	112,4
	Polutan resin	Potensi rejek Cat Kasar, Pin Hole, tinggi.	4	Exhaust tidak mampu membuang uap resin	4,3	Kegiatan pembersihan oven rutin dilakukan	4	25,8
	Debu	Potensi rejek Pin Hole, tinggi	6	Kondisi sekitar area produksi kotor	7,3	Menjaga lingkungan dari debu	5	219

Keterangan: (S) Severity, (O) Occurrence serta (D) Detection

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Hasil analisa kegagalan berdasarkan metode FMEA dengan menggunakan tiga indikator, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O) serta *Detection* (D) menghasilkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi pertama untuk *breakdown losses* adalah akibat faktor material dengan nilai 323, di mana kegagalan diakibatkan oleh kualitas *raw glass* yang rendah. Nilai RPN tertinggi kedua adalah akibat faktor mesin dengan nilai RPN 300,9, di mana kegagalan diakibatkan oleh *exhaust* di kabin silver yang tidak berfungsi dengan baik atau sering mengalami kerusakan. Nilai RPN tertinggi ketiga adalah akibat faktor material dengan nilai RPN 231, di mana kegagalan diakibatkan oleh material *raw glass* habis.

Untuk *reduce speed losses* adalah akibat faktor metode dengan nilai RPN 300,9, di mana kegagalan diakibatkan oleh proses bongkar kemasan *jumbo size* yang sulit dilakukan sebelum proses produksi. Nilai RPN tertinggi kedua adalah akibat faktor material dengan nilai 264, di mana kegagalan diakibatkan oleh *raw glass* dengan ukuran yang tidak ideal. Nilai RPN tertinggi ketiga adalah akibat faktor mesin dengan nilai RPN 140, di mana kegagalan diakibatkan oleh mesin konveyor yang tidak stabil ketika proses produksi.

Sedangkan untuk *defect losses* adalah akibat faktor material dengan nilai 373 di mana kegagalan diakibatkan oleh kualitas *raw glass* yang rendah. Nilai RPN tertinggi kedua adalah akibat faktor mesin dengan nilai RPN 351,1 di mana kegagalan diakibatkan oleh tidak beroperasinya mesin karena mati listrik dari PLN. Nilai RPN tertinggi ketiga adalah akibat faktor metode dengan nilai RPN 319,2, di mana kegagalan diakibatkan oleh persiapan proses kaca dekoratif.

Usulan Perbaikan Menggunakan 5W+1H

Melalui pengumpulan data dan analisis di atas maka akan ada rencana prioritas perbaikan untuk kelima faktor yang dijelaskan pada analisis melalui metode FMEA tersebut dengan metode 5W+1H. Prioritas usulan perbaikan untuk masalah *breakdown losses* hanya akan dilakukan terhadap faktor mesin dan material sesuai dengan nilai RPN tertinggi yang diperoleh, yaitu terkait *Exhaust silver*, *Karpet base coat* dan *top coat*, *Motor base coat* dan *top coat*, Kualitas *raw glass*, dan Ketersediaan *raw glass*.

Prioritas usulan perbaikan untuk masalah *reduce speed losses* hanya akan dilakukan terhadap faktor material, metode, mesin dan manusia, yaitu terkait 1) ukuran *raw glass* yang tidak ideal, 2) kegiatan bongkar kemasan untuk ukuran besar, 3) *speed konveyor*, 4) *exhaust silver*, dan 5) suplai *raw glass* ke mesin produksi. Prioritas usulan perbaikan untuk masalah *defect losses* hanya akan dilakukan terhadap faktor material, mesin, manusia dan metode, yaitu terkait 1) kualitas *raw glass* yang rendah, 2) mati lampu dari PLN, 3) *Exhaust silver*, dan 4) kegiatan 5R tidak maksimal.

Nilai OEE setelah dilakukan perbaikan selama enam bulan, yaitu dari bulan Januari-Desember 2016 menunjukkan adanya peningkatan nilai OEE secara signifikan.

Tabel 17. Data perhitungan Nilai OEE berdasarkan *Availability*, *Performance* dan *Quality Rate* selama Januari-Juni 2016.

Bulan	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance</i> (%)	<i>Quality</i> (%)	Nilai OEE (%)
Januari	63	66	76	32
Pebruari	66	65	84	36
Maret	84	83	96	67
April	75	76	94	54
Mei	89	76	96	65
Juni	76	75	98	56
Rata-rata	76	74	91	51

Sumber: Hasil pengolahan, 2016

Nilai rata-rata OEE yang dicapai setelah ada perbaikan selama Januari-Juni tahun 2016 sudah ada peningkatan dari sebelumnya 38% menjadi 51%, sementara target untuk nilai OEE perusahaan sebesar 75%. Belum tercapainya nilai OEE sesuai target perusahaan diakibatkan oleh beberapa faktor pencapaian dari saran perbaikan yang belum sepenuhnya terealisasi akibat faktor biaya maupun proses evaluasi atau pengamatan yang belum selesai dilaksanakan.

5 Kesimpulan

Faktor-faktor yang mempengaruhi rendahnya nilai *Overall Equipment Effectiveness* di perusahaan cermin di tahun 2016 berdasarkan analisis *six big losses*, yaitu *break down losses*, *reduce speed losses* dan *quality losses* dengan frekuensi relatif berturut-turut sebesar 32,5 persen, 32 persen, dan 31,5 persen. Pencapaian nilai OEE yang masih sangat rendah dari target perusahaan, yakni 38 persen dari target world class 85 persen. Dari hasil perhitungan nilai *Risk Priority Number* terhadap *breakdown losses*, *reduce speed losses* dan *quality losses* terdapat beberapa faktor utama yang disebabkan oleh Mesin, Metode, dan Material.

Faktor-faktor utama *losses* dengan nilai RPN tertinggi (dua tertinggi) untuk masing-masing penyebabnya:

1. *Breakdown losses*
 - Material dengan nilai RPN 323.
 - Mesin dengan nilai RPN 300.
2. *Reduce speed losses*
 - Metode dengan nilai RPN 300,9.
 - Material dengan nilai RPN 264,6.
3. *Defect losses*
 - Material dengan nilai RPN 373,1.
 - Mesin dengan nilai RPN 351,1.

Setelah dilakukan beberapa langkah perbaikan selama periode bulan Januari sampai Juni 2016 diperoleh Nilai OEE baru sebesar 51 persen atau terjadi peningkatan OEE sebesar 18.5 persen yang lebih banyak dikontribusikan oleh aspek Quality dengan capaian nilai 91 persen, sementara *Availability* baru mencapai 76 persen dan *Performance* sebesar 74 persen.

Referensi

- Almeanzael, O. T. R. (2010). Review Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness Measurement. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(4), 517-555.
- Andersson, C & Bellgran, M. (2011). *Combining of Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Productivity Measures as drivers for production improvements*. Swedish Foundation for Strategic Research (SSF) and within the Sustainable Production Initiative (SPI).

- Anvari, F., Edwards, R., & Starr, A. (2010). Evaluation of Overall Equipment Effectiveness Based on Market. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 16(3), 256-270.
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2016). The Use of 5-WHYs Technique to Eliminate OEE's Speed Loss in a Manufacturing Firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 419-435.
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall Equipment Effectiveness as a Measure of Operational Improvement - A Practical Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488-1502.
- Denso. (2006). *Introduction to total productive maintenance: Study guide*. Denso.
- Gaspersz, V. (2001). *Metode Analisis untuk Peningkatan Kualitas: ISO:2000 Clause 8: Measurement, Analysis and Improvement*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Gaspersz, V. (2002). *Total Quality Management*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Indonesian Commercial Newsletter (2010). *Industri Kaca Lembaran*. Retrieved from <http://www.datacon.co.id/Semen-2010Industri%20kacahtml>.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and Improvement of Manufacturing Performance Measurement Systems – The Role of OEE. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(1), 55-78
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2016). *Ekspor Kode HS: 7009.91.00.00 dan Impor Kode HS: 7009.92.00.00*.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2016). *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2016-2035*. Pusat Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian. Retrieved from <http://kemenperin.go.id/contact>.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2016). *Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 80/M-IND/PER/9/2016 Tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia (SNI) Kaca Secara Wajib*. Retrieved from <http://kemenperin.go.id/contact>.
- McDermott, R.E. Mikulak, R.J. dan Beauregard, M.R. (2009). *The Basic of FMEA*, 2nd Ed, Taylor and Francis Group: New York.
- Mobley, R. Keith. (1999). *Root Cause Failure Analysis*. Butterworth-Heinemann. Woburn.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*, Productivity Press. Cambridge. MA.
- Porter, E., M. (1990). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. The Free Press. New York.
- Relkar, A. S. (2012). Optimizing Overall Equipment Effectiveness Through Simulation Analysis. 2nd Annual *International Conference on Operations Research and Statistics*. ISSN: 2251-1938. 42-46.
- Schwab, K., Sala-i-Martin, X., Samans, R., and Blanke, J. (2016). *World Economic Forum: The Global Competitiveness Report 2016-2016*.
- Susetyo, J. (2009). Analisis Pengendalian Kualitas dan Efektifitas dengan Integrasi Konsep Failure Mode & Effect Analysis dan Fault Tree Analysis serta Overall Equipment Effectiveness. *Jurnal Teknologi Technoscintia* ISSN: 1979-8415. 2(1), 70-77.
- Tang, S., G. (2006). Implementing FMEA in a Collaborative Supply Chain Environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 23(2). 179-196.
- Vijayakumar, S. R., and Gajendran, S. (2014). Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in Plastic Injection Moulding Industry. *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*. e-ISSN:2278-1684, ISSN: 2320-334X. 32-45.