

## Analisis Efektivitas Pada Mesin Centrifugal Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Resa Miftahul Jannah<sup>1</sup>, Supriyadi<sup>2</sup> Ahmad Nalhadi<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

Jl. Raya Serang – Cilegon Km. 05 (Taman Drangong), Serang - Banten

E-mail: resamiftahuljannah@gmail.com<sup>1</sup>, supriyadi@gmail.com<sup>2</sup>, ahmad irqi02@gmail.com<sup>3</sup>

### ABSTRAKS

Perusahaan yang beroperasi 24 jam memerlukan kehandalan mesin mendukung dalam menunjang proses produksi. Namun seringkali proses produksi terhambat akibat terjadinya kerusakan komponen mesin. Mesin Centrifugal mempunyai peranan yang penting dalam proses produksi gula, sehingga memerlukan perawatan agar terjaga kondisi dalam proses menunjang produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai efektivitas mesin, mengetahui penyebab kegagalan mesin dan mencari solusi dari kegagalan tersebut. Penelitian ini menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) sebagai langkah memperbaiki permasalahan yang ada. OEE digunakan untuk mengetahui nilai efektivitas mesin dan penyebab masalah dapat diselesaikan dengan menggunakan FMEA. Hasil penelitian ini di dapat besaran nilai dari Availability adalah 99,03%, performance sebesar 84,24%, quality sebesar 100%, dengan nilai OEE sebesar 83,37%. Komponen yang kritis pada mesin centrifugal adalah komponen Charge Valve no 2 yang terdiri dari Shaft, Blade, EPDM dan Akuator, dengan nilai Task Selection dalam Risk Priority Number nilai tertinggi yaitu 336 pada komponen EPDM dan Seal Kit masuk dalam tingkat Adequate maintenance (tindakan yang memadai).

Kata Kunci: Failure Mode and Effect Analysis, Mesin Centrifugal, Overall Equipment Effectiveness

### 1. PENDAHULUAN

Dalam suatu perusahaan, kelancaran proses produksi merupakan sesuatu proses dalam rangka menghasilkan produk sesuai dengan kebutuhan konsumen. Dengan pengendalian proses produksi yang tepat, maka kegiatan produksi dapat mencapai sasaran secara tepat dalam waktu, jumlah, dan mutu serta dengan biaya yang efisien dalam memanfaatkan faktor-faktor produksi. Faktor produksi yang dimaksud meliputi tenaga manusia (*man*), bahan (*material*), dana (*money*), serta mesin dan peralatan (*machines*).

Mesin merupakan komponen utama dalam melakukan proses produksi. Perawatan (*maintenance*) fasilitas proses produksi merupakan kegiatan penunjang kelancaran produksi. Fasilitas proses produksi tersebut berupa mesin dijaga kondisinya agar sama seperti kondisi ketika masih baru atau kondisi yang wajar untuk melakukan operasi. Ketika mesin mengalami suatu kerusakan, maka proses produksinya akan terpengaruh dan yang paling fatal proses produksi terhenti.

Berdasarkan pengamatan dan wawancara dengan pihak perusahaan dapat diketahui bahwa sistem perawatan yang diterapkan oleh perusahaan saat ini lebih mengarah pada sistem perawatan *corrective*, karena perusahaan hanya melakukan perbaikan pada mesin setelah mesin mengalami *breakdown*. Pihak perusahaan sendiri sudah melakukan kegiatan *preventive maintenance* akan tetapi *preventive maintenance* yang dilakukan hanya seperti pembersihan terhadap mesin *centrifugal* tetapi tidak

sampai pembersihan *part* didalamnya. Hal tersebut berdampak terjadinya kerusakan di unit mesin Centrifugal pada stasiun *affination* yang merupakan proses produksi untuk pemisahan antara gula dengan *molasses*.

Dalam sistem pemeliharaan peralatan berdasarkan pada kegiatan perkiraan (*predictive*), perbaikan (*repair*), dan pemeriksaan menyeluruh (*overhaul*). Hal ini disebabkan kurang efektifnya sistem atau metode yang mampu mengukur kinerja peralatan. Salah satu metode pengukuran kinerja yang banyak digunakan oleh perusahaan untuk mengatasi permasalahan *machine/equipment* adalah Overall Equipment Effectiveness (OEE). Menurut Nakajima (1988), OEE merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin atau peralatan. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui peralatan mana yang perlu ditingkatkan produktivitasnya ataupun efisiensi mesin atau peralatan dan juga dapat menunjukkan area *bottleneck* yang terdapat pada proses produksi. OEE juga merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara yang tepat untuk menjamin peningkatan produktivitas penggunaan mesin atau peralatan.

Penggunaan metode OEE mampu meningkatkan efektivitas mesin (Singh, Gohil, Shah, & Desai (2013), Vijayakumar, & Gajendran (2014), & Jain, Bhatti, & Singh (2015). Peningkatan efektivitas peralatan secara langsung berpengaruh kelancaran proses produksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), mengetahui komponen kritis mesin Centrifugal Dengan diketemukan *Risk Priority Number* yang tinggi dapat dilakukan perbaikan untuk untuk meminimasi kegagalan yang terjadi

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah alat untuk mengukur produktifitas dan cara terbaik untuk memonitoring dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur (Sethia, Shende, & Dange, 2014). OEE adalah rasio output aktual peralatan dengan output maksimum peralatan dengan kondisi kinerja terbaik. OEE dihiung berdasarkan tingkat *availability*, tingkat *performance*, dan tingkat *quality* dari suatu mesin atau sistem

Langkah-langkah perhitungan nilai OEE adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan *Availability* ( $AV \geq 90\%$ )  
*Availability* (Ketersediaan) adalah tingkat pengoperasian suatu mesin atau system.
2. Perhitungan *Performance Efficiency* ( $PE \geq 95\%$ )  
*Performance efficiency* adalah tingkat performa yang ditunjukkan oleh suatu mesin atau sistem dalam menjalankan tugas yang ditetapkan.
3. Perhitungan *Rate of Quality Product* ( $RQ \geq 99\%$ )  
*Rate of quality product* (Tingkat Kualitas) adalah rasio produk yang sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses.
4. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* ( $OEE \geq 85\%$ )  
*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) akan mengetahui ukuran tingkatan efisiensi dan produktivitas pada suatu mesin

Mode kegagalan (*failure mode*) merupakan suatu keadaan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsional dalam suatu sistem. Mode kegagalan dapat mencakup semua kegagalan yang mungkin terjadi. Sehingga apabila mode kegagalan dapat diketahui maka dampak kegagalan dari suatu sistem dapat terlihat atau tergambar. kemudian dapat digunakan untuk menentukan konsekuensi dan memutuskan apa yang akan dilakukan untuk mencegah, mengantisipasi, mendeteksi, dan memperbaiki. Mode kegagalan yang terjadi dapat dilihat sehingga dapat diketahui apakah memberikan efek kegagalan pada tingkat lokal, sistem, dan plant atau fasilitas. Efek kegagalan pada tingkatan lokal akan menyebabkan komponen tidak dapat memenuhi sebagian fungsinya dengan baik. Efek kegagalan pada tingkatan sistem akan menyebabkan fungsi dari sistem dapat terganggu atau sistem tidak dapat bekerja. Sedangkan efek kegagalan pada tingkatan plant atau fasilitas akan menyebabkan kegagalan pada suatu fasilitas atau peralatan.

FMEA adalah alat analisis kualitas uji proaktif untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, mengukur, menganalisis dengan tujuan untuk menghilangkan semua masalah potensial sebelum memulai produksi. FMEA meninjau prosedur dalam proses, mode kegagalan, sebab dan akibat (Chong, Ng, & Goh, 2015).

FMEA mempunyai tujuan untuk mengklasifikasikan kegagalan yang terjadi sesuai dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect* (*Saverity*), kemungkinan *cause* yang menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect* (*Occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*Detection*).

*Severity* adalah mengidentifikasi dampak potensial yang terburuk yang diakibatkan oleh suatu kegagalan. Nilai rating *Severity* 1 sampai 10. Angka 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang sangat besar terhadap mesin. Jika tingkat keparahan efek memiliki angka 9 atau 10, tindakan dianggap mengubah rancangan dengan menghilangkan mode kegagalan, jika memungkinkan, atau melindungi pengguna dari pengaruhnya. Tingkat keparahan 9 atau 10 umumnya untuk efek yang menyebabkan cedera pada pengguna (Ambekar, Edlabadkar, & Shrouy, 2013). Nilai *Severity* dapat dilihat dari tabel 1 berikut:

**Tabel 1 Tingkat Severity**

Rating	Criteria of Severity Effect
10	Tidak berfungsi sama sekali
9	Kehilangan fungsi utama dan menimbulkan peringatan
8	Kehilangan fungsi utama
7	Pengurangan fungsi utama
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
5	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek danm pekerja menyadari adanya masalah
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
1	Tidak ada efek

*Occurrence* yaitu tingkat keseringan terjadinya kerusakan atau kegagalan. *Occurrence* berhubungan dengan estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang muncul akibat suatu penyebab tertentu pada mesin. Pada langkah ini perlu dilihat penyebab mode kegagalan dan berapa kali terjadi. Potensi penyebab kegagalan didefinisikan sebagai indikasi bagaimana kegagalan bisa terjadi, dijelaskan dalam hal sesuatu yang bisa dikoreksi atau bisa dikendalikan (Belu, Khassawneh, & Al Ali, 2013). Nilai rating

*Occurrence* antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki kumulatif yang tinggi atau sangat sering terjadi. Nilai *Occurrence* dapat dilihat dari tabel berikut:

**Tabel 2 Tingkat Occurrence**

Rating	Probability of Occurrence
10	Lebih besar dari 50 per 7200 jam penggunaan
9	35-50 per 7200 jam penggunaan
8	31-35 per 7200 jam penggunaan
7	26-30 per 7200 jam penggunaan
6	21-25 per 7200 jam penggunaan
5	15-20 per 7200 jam penggunaan
4	11-15 per 7200 jam penggunaan
3	5-10 per 7200 jam penggunaan
2	Lebih kecil dari 5 per 7200 jam penggunaan
1	Tidak pernah sama sekali

*Detection* yaitu pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi dengan mempertimbangkan kemungkinan deteksi mode kegagalan / penyebabnya, sesuai dengan kriteria yang ditetapkan (Carlson, 2014). Nilai rating *Detection* antara 1 sampai 10. Nilai 10 diberikan jika kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang tidak mampu terdeteksi. Angka deteksi tinggi menunjukkan bahwa kemungkinan tinggi kegagalan akan lolos dari deteksi, atau dengan kata lain, kemungkinan deteksi rendah (Ambekar, Edlabadkar, & Shrouy, 2013). Nilai *Detection* dapat dilihat dari tabel berikut:

**Tabel 3. Tingkat Detection**

Rating	Detection Design Control
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Nilai RPN diperhitungkan untuk ketiga aspek dengan tujuan menentukan nilai RPN bagi masing-

masing aspek, dan aspek mana yang tingkat kekritisan tertinggi. Modus kegagalan yang memiliki RPN tertinggi harus diberi prioritas tertinggi untuk tindakan korektif. Ini berarti tidak selalu mode kegagalan dengan angka keparahan tertinggi yang harus diobati terlebih dahulu. Mungkin ada sedikit kegagalan, tapi yang terjadi lebih sering dan kurang terdeteksi. Nilai RPN yang didapat dipergunakan untuk kemudian menentukan tindakan pemeliharaan yang cocok. Untuk proses pengkajian kali ini tindakan-tindakan yang dipilih dalam tingkatan RPN adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. Task Selection RPN**

RPN	Class	Task Selection
<100	N	No maintenance (RTF)
100-200	L	Low maintenance (or RTF)
200-400	M	Adequate maintenance
400-600	MH	Aggressive maintenance
600-800	H	Aggressive maintenance (+maybe redesign)
800-1000	E	Aggressive maintenance + redesign

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada perusahaan gula rafinasi. Pengumpulan data dilakukan dari hasil data historis maupun data teoritis.

Pengolahan data dilakukan dengan mengaplikasikan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengetahui tingkat efektivitas mesin. Selanjutnya mencari penyebab kegagalan yang terjadi berdasarkan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk dilakukan perbaikan berdasarkan nilai RPN yang paling besar.

$$Availability = \frac{Total\ Time\ Available - Downtime}{Total\ Time\ Available} \times 100\% \quad (1)$$

$$Performance = \frac{Total\ Production}{Possible\ Total\ Production} \times 100\% \quad (2)$$

$$Possible\ Total\ Production = Total\ Production \times \frac{Downtime}{Cycle\ Time + set\ Up} \times one\ time\ production \quad (3)$$

$$Quality = \frac{Total\ production - Total\ Defect}{Total\ production} \times 100\% \quad (4)$$

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (5)$$

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (6)$$

### 4. PEMBAHASAN

Dalam melakukan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ini diperlukan beberapa data yang akan menjadi data input dalam melakukan perhitungan efektivitas. Data diperoleh dari hasil report kegiatan produksi pada bulan 18

agustus 2015 – 17 agustus 2016. Data yang diperoleh berupa data operasi mesin, *down time*, total produksi, *cycle time* dan data lain yang digunakan dalam perhitungan nilai OEE. Hasil lengkap data yang diperoleh dicantumkan pada tabel dibawah ini

**Tabel 5. Data Proses Produksi Mesin Centrifugal**

No	Lama Waktu Beroperasi (menit)	Downtime (menit)	Total Produksi (Ton)	Total Defect (Ton)
1	44640	2305	43400	0
2	43200	1415	42000	0
3	44640	375	43400	0
4	43200	940	42000	0
5	44640	1045	43400	0
6	44640	785	43400	0
7	40320	1370	39200	0
8	44640	1610	43400	0
9	43200	2265	42000	0
10	44640	1310	43400	0
11	43200	1330	42000	0
12	44640	1685	43400	0

*Possible total production* adalah jumlah produksi jika tidak terjadi *downtime* dengan satuan produksi (*cycle time*) sebesar 3 menit dan lama waktu *set-up* setiap produksi adalah 15 menit dengan sekali produksi adalah 750 kg.

Langkah selanjutnya adalah dengan menghitung nilai OEE berdasarkan nilai *availability*, *performance* dan *quality*. Contoh perhitungan nilai OEE pada bulan Agustus adalah sebagai berikut:

$$Availability = \frac{44175 - 329,28}{44175} \times 100\%$$

$$Availability = 93,14\%$$

$$Possible Total Production = 43400 \times \frac{329,28}{3+15} \times 750$$

$$Possible Total Production = 57117,5$$

$$Performance = \frac{43400}{57117,5} \times 100\%$$

$$Performance = 75,98\%$$

$$Quality = \frac{43400-0}{43400} \times 100\%$$

$$Quality = 100\%$$

$$OEE = 93,14\% \times 75,98\% \times 100\%$$

$$OEE = 70,76\%$$

Secara rinci hasil perhitungan nilai OEE dapat di lihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Overall Equipment Effectiveness (OEE) Factor				(OEE)
No	Availability Ratio	Performance Ratio	Quality Ratio	
1	93,14%	75,98%	100%	70,76%
2	99,52%	83,29%	100%	82,89%
3	99,87%	95,11%	100%	94,98%
4	99,68%	88,24%	100%	87,95%
5	99,66%	87,46%	100%	87,10%
6	99,74%	90,28%	100%	90,04%
7	99,50%	82,78%	100%	82,36%
8	99,47%	81,92%	100%	80,36%
9	99,25%	75,70%	100%	75,13%
10	99,57%	84,77%	100%	84,40%
11	99,55%	84,14%	100%	83,76%
12	99,45%	81,23%	100%	80,78%
Jumlah	1188,4	1010,9	100%	1000,51
Rata-rata	99,03%	84,24%	100%	83,37%

Dari tabel 6 menunjukan bahwa nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada 18 agustus 2015 – 17 agustus 2016 dengan perubahan standar yang meningkat sampai melebihi standar yaitu > 85%. Adapun masing-masing nilai mencapai 70,76%, 82,89%, 94,98%, 87,95%, 87,16%, 90,04%, 82,36%, 80,85%, 75,13%, 84,40%, 83,76%, dan 80,78%. Nilai terbesar terdapat pada bulan ke 3 yaitu 18 oktober 2015 – 17 november 2015 dengan nilai sebesar 94,98%, sedangkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) terkecil terdapat pada bulan pertama yaitu bulan ke 1 yaitu 18 agustus 2015 – 17 september 2015 dengan nilai sebesar 70,76%.

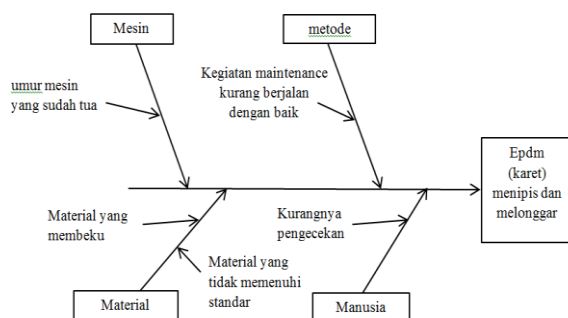
Faktor penyebab yang *performance* tidak sesuai dengan standar disebabkan faktor *downtime* pada mesin Centrifugal. Selanjutnya dilakukan analisis identifikasi kegagalan yang terjadi pada mesin Centrifugal terutama Charge valve no.2 yang sering mengalami kendala dengan menggunakan FMEA.

Tabel 7 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Valve Mesin Centrifugal*

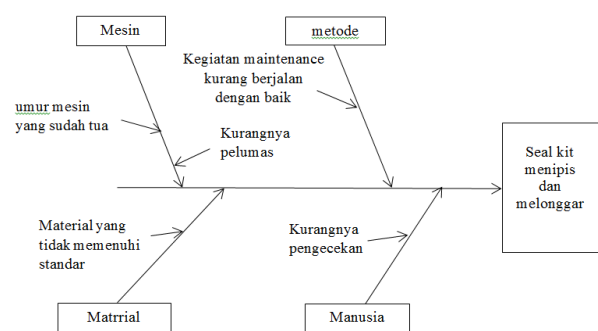
Kegagalan valve no.2	Efek dari potensi kegagalan	S	potensi penyebab	O	Kontrol	D	RPN
Errornya valve tidak mau membuka dan menutup	<i>Blide</i> tidak mau membuka atau menutup	6	Terkena gesekan gula	7	Pakai <i>blide</i> yang bahannya sus 304	3	126
	<i>Limit switch</i> terbakar	6	Kelebihan arus listrik	4	Jaga kelembaban dan tidak terkena air	7	168
	<i>Damper</i> terjadi korosit	8	Tercampurnya udara dengan air	4	Ketika pemasangan harus diberi pelumas	6	192
	<i>Shaft</i> tumpul dibagian sudut-sudut shaft	5	Terkena gesekan gula	8	Ketika pemasangan harus diberi pelumas	6	240
	Epdm (karet) menipis dan melonggar	8	Terkena gesekan gula	7	Harus mencari tipe karet yang kuat dengan gesekan gula	6	336
	<i>Seal kit</i> menipis dan melonggar	7	Kurangnya pelumas	8	Harus mencari tipe karet yang kuat dengan gesekan gula	6	336

Berdasarkan nilai *Task Selection* dalam *Risk Priority Number* nilai tertinggi tersebut masuk dalam tingkat *Adequate maintenance* (tindakan yang memadai). Perbaikan yang akan dilakukan tersebut berdasarkan penyebab-penyebab kegagalan yang telah dianalisis berdasarkan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, sehingga diketahui permasalahan yang terjadi untuk dilakukannya perbaikan.

Setelah mengetahui nilai tertinggi atau nilai yang berpengaruh terhadap kegagalan valve dapat dijelaskan beberapa subjek yang mempengaruhi kegagalan tersebut dengan menggunakan Diagram Tulang Ikan (Diagram Fishbone) sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram *Fishbone* komponen Epdm



Gambar 3 Diagram *Fishbone* komponen Seal kit

Langkah perbaikan untuk meminimalkan kendala pada Epdm (karet) dan *seal kit* adalah membuat jadwal perawatan yang sesuai dengan keadaan mesin dengan kontrol atasan dalam penerapannya. Melakukan perbaikan sesuai jadwal, agar tidak terjadi kerusakan saat mesin beroperasi, jadwal pengontrolan harus diawasi dan melakukan pengecekan dan mencari *sparepart* yang lebih baik.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data diperoleh *Availability Ratio* sebesar 99,03%, nilai *Performance Ratio* sebesar 84,24%, dan nilai *Quality Ratio* 100%. Dengan didapatkannya nilai

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin Centrifugal sebesar 83,37%. Komponen kritis pada mesin centrifugal adalah komponen *Charge Valve* no 2 yang terdiri dari *Shaft*, *Blide*, *EPDM* dan *Akuator*, dengan nilai *Task Selection* dalam *Risk Priority Number* nilai tertinggi yaitu 336 pada komponen EPDM dan *Seal Kit* masuk dalam tingkat *Adequate Maintenance* (tindakan yang memadai). Usulan perbaikan yang dapat digunakan untuk meminimasi kegagalan adalah melakukan jadwal perawatan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan, melakukan pengecekan dan mencari *sparepart* yang lebih baik. Penelitian ini dapat diteruskan ke *Reliability Centered maintenance* untuk memperbaiki prosedur *preventive maintenance* mesin Centrifugal.

#### PUSTAKA

- Belu, N., Khassawneh, N., & Al Ali, A. R. 2013. Implementation of Failure Mode, Effects and Criticality Analysis in the Production of Automotive Parts. *Calitatea*, 14(135), 67-71
- Carlson, C. S. 2014. Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs. In *Annual Reliability and Maintainability Symposium*.
- Chong, K. E., Ng, K. C., & Goh, G. G. G. 2015. Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) Through Integration of Maintenance Failure Mode and Effect Analysis (Maintenance-FMEA) in a Semiconductor Manufacturer: A case Study. *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2015 IEEE International Conference on* (pp. 1427-1431). IEEE
- Jain, A., Bhatti, R. S., & Singh, H. 2015. OEE Enhancement in SMEs Through Mobile Maintenance: a TPM Concept. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(5), 503-516.
- Nakajima, S. 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance*. Productivity Press Inc, Portland
- Sethia, C. S., Shende, P. N., & Dange, S. S. 2014. Total Productive Maintenance - a Systematic Review. *International Journal for Scientific Research & Development* (8): 124-127.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. 2013. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599.
- Vijayakumar, S. R., & Gajendran, S. 2014. Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) in Injection Moulding Process Industry. *IOSR J Mech Civil Eng*, 2(10), 47-60.