

STRATEGI PERAWATAN MESIN *PNEUMIX CATALYST INJECTION* DENGAN KONSEP *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*

Adrian Indarti¹⁾, Hari Purnomo²⁾, Imam Djati Widodo³⁾
^{1,2,3}Fakultas Teknologi Industri, Magister Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia
¹E-mail : adrianindrati@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang terjadi pada mesin *pneumix catalyst injection* adalah terhambatnya proses injeksi yang diakibatkan mesin yang tiba-tiba tidak dapat berfungsi dan harus dilakukan kalibrasi, *setting sequence* atau kegiatan perawatan untuk perbaikan maupun penggantian komponen mesin. *Downtime* mesin yang besar berdampak pada produktivitas kegiatan produksi dan jumlah serta kualitas produk. Untuk dapat meningkatkan produktivitas maka dilakukan analisis penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) menggunakan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Langkah yang dilakukan yaitu melakukan pengukuran OEE serta mengetahui faktor terbesar yang mempengaruhi dengan perhitungan *six big losses*. Selanjutnya mencari penyebab permasalahan dengan *fishbone diagram* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas pada 2 mesin *pneumix catalyst injection* yaitu mesin A (15A107A) sebesar 52.98% dan mesin B (15A107B) sebesar 75.98%, ternyata masih dibawah standar JIPM yang menjadi acuan perusahaan yaitu sebesar 85%. Faktor terbesar yang mempengaruhi rendahnya OEE adalah *performance rate* dengan faktor persentase *six big losses* pada *breakdown loss* untuk mesin A sebesar 36.81% dan *idling and minor stoppages losses* untuk mesin B (15A107B) sebesar 63.55% dari seluruh *time loss*. Hal yang dilakukan untuk mengatasi dan mengantisipasi rendahnya nilai OEE pada mesin *pneumix catalyst injection* yaitu dengan diterapkannya *autonomous maintenance* pada operator produksi, melakukan *training* bagi teknisi *maintenance*, melakukan pengawasan terhadap operator tentang kebersihan tempat kerja serta melakukan sistem *preventive maintenance* pada komponen *valve transport* [RC2] sesuai waktu pemeliharaan optimum 44 hari untuk mesin A (15A107A) dan 37 hari untuk mesin B (15A107B).

Kata kunci : *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis.*

ABSTRACT

One of the problems that occur in the pneumix catalyst injection machine is the delayed injection process caused by the machine that suddenly can not work and must be done callibration, setting sequence or maintenance activities to repair or replace the component of machine. Many machine downtime has an impact on the productivity of production activities and the quantity also quality of the product. To be able to increase productivity then conducted analysis of Total Productive Maintenance (TPM) by using Overall Equipment Effectiveness (OEE) value. The steps taken are to measure OEE and find out the biggest factors that affect to the calculation of six big losses. Next look for the cause of the problem with the fishbone diagram and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). The results showed that the productivity of Pneumix Catalyst Injection machine A (15A107A) was 52.98% and machine B (15A107B) was 75.98% so it is still below JIPM standard of 85% that followed by company . The biggest factor affecting low OEE is performance rate with percentage factor six big losses on breakdown loss of machine A (15A107A) equal to 36.81% and idling and minor stoppages losses of machine B (15A107B) 63.55% of all time losses. It is being done to fix and anticipate the low value of OEE on Pneumix catalyst injection machine by applying autonomous maintenance to production operators, training for maintenance technicians, supervising the operators on workplace hygiene and conducting preventive maintenance system on valve transport components [RC2] according to the optimum maintenance time of 44 days for machine A (15A107A) and 37 days for machine B (15A107B).

Keywords : *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis.*

Pendahuluan

Terhentinya suatu proses produksi sering kali karena adanya masalah dalam mesin atau peralatan produksi, misalnya mesin berhenti secara tiba-tiba, menurunnya kecepatan produksi mesin, lamanya waktu *set up* dan *adjustment*, mesin menghasilkan produk cacat, dan mesin beroperasi tetapi tidak menghasilkan produk (Rahayu, 2014). Kegagalan dalam komponen-komponen yang ada dapat berakibat pada proses operasi, mulai dari terganggunya proses operasi, kehilangan kuantitas dan kualitas produk sampai menyebabkan mesin harus berhenti. Hal ini akan menimbulkan kerugian pada perusahaan karena selain dapat menurunkan tingkat efektivitas mesin atau peralatan, juga mengakibatkan adanya biaya yang harus dikeluarkan akibat kerusakan tersebut (Melani et al., 2016). Permasalahan umum yang terjadi pada unit proses saat ini adalah adanya penurunan efektivitas proses *cracking* yang ditandai dengan adanya penurunan nilai presentase konversi produk dari nilai standard (80% minimum). Ada dua faktor utama yang paling berpengaruh terhadap penurunan efektivitas proses *cracking* yaitu penurunan kualitas *catalyst* dan komposisi dari *feed* (Davison, 2005). Kualitas *catalyst* yang digunakan unit *cracking* sangat bergantung pada *sustainability* proses injeksi *fresh catalyst* dan komposisi *base catalyst* yang digunakan. Sedangkan faktor yang akan menjamin terjadinya proses injeksi *catalyst* yang lancar dan sesuai dengan ketentuan adalah kondisi mesin *catalyst injection* dan minimum *losses* (Tallulembang, 2006).

Masalah produktivitas dan efisiensi yang dialami oleh mesin *pneumix catalyst injection* disebabkan oleh karakteristik material katalis dan pendeknya umur komponen mesin sehingga mesin memiliki frekuensi berhenti maupun perbaikan komponen yang tinggi. Untuk menjaga agar mesin produksi dapat selalu berada pada kondisi yang prima maka diperlukan langkah-langkah perawatan yang tepat, guna mengoptimalkan keandalan dari komponen-komponen peralatan maupun sistem tersebut. Penggunaan mesin yang dilakukan secara terus menerus harus didukung juga oleh kegiatan perawatan mesin yang baik. Hal ini bertujuan untuk menghindari penurunan kemampuan atau fungsi mesin dalam memproduksi dan yang terutama sekali adalah menghindari terjadinya kerusakan total mesin (Jono, 2015).

Permasalahan khusus dalam penelitian ini adalah penurunan efektivitas kerja mesin *pneumix catalyst injection* karena seringnya terjadi masalah saat beroperasi. Oleh sebab itu, diperlukan penerapan strategi perawatan yang tepat untuk mengembalikan dan menjaga efektivitas mesin tersebut, dalam hal ini melalui strategi TPM yang disesuaikan dengan kondisi perusahaan. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* agar dapat mengetahui *six big losses* yang terjadi. OEE juga dapat digunakan

sebagai alat pengukur efektivitas peralatan, sehingga nilai yang diperoleh dari perhitungan OEE nantinya akan dapat digunakan sebagai acuan keberhasilan penerapan kebijakan perawatan. Selain itu juga perlu diketahui komponen-komponen kritis yang mengalami kegagalan serta penyebab kegagalan tersebut. Hal ini ditujukan agar strategi yang diterapkan dapat lebih optimal pada masing-masing komponen. Pada bagian penentuan komponen kritis akan dilakukan melalui *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dengan menghitung *Risk Priority Number (RPN)*. Dengan demikian perusahaan dapat dengan mudah menentukan kebijakan maintenance yang berkelanjutan dalam rangka penerapan TPM di perusahaan.

Berdasar pada permasalahan dan penelitian terdahulu seperti (Sundari, 2011) tentang TPM pada mesin cetak, kemudian (Wati, 2009) tentang TPM pada mesin *batching plan*, dan (Dinda et al., 2013) tentang penerapan TPM pada mesin dual filters, yang ketiga penelitian tersebut hanya terfokus pada penentuan nilai efektivitas melalui perhitungan OEE dan analisis sebab *losses* terbesar melalui *six big losses*, maka pada penelitian ini mencoba untuk mengembangkan analisis hingga pada penentuan detail komponen penyebab kerusakan terbesar melalui metode FMEA yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Penggabungan metode TPM dan FMEA pada penelitian ini akan menambah wawasan baru tentang bagaimana hubungan antara analisis efektivitas mesin melalui metode TPM dan analisis penyebab kerusakan atau kegagalan melalui FMEA, sehingga diharapkan nantinya dapat menghasilkan kesimpulan dan rekomendasi yang tajam dan *applicable* tentang usaha peningkatan efektivitas dan manajemen perawatan yang tepat agar mesin (*pneumix catalyst injection*) dapat beroperasi sesuai target yang diharapkan.

Metode Penelitian

Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi yang dipilih sebagai lokasi penelitian yaitu Unit *Residue Catalytic Cracking (RCC)* pada PT. Pertamina (Persero) RU VI Balongan, Desa Majakerta, kecamatan Balongan, Kabupaten Indramayu. Sedangkan objek pada penelitian ini adalah mesin *pneumix catalyst injection* yang berfungsi untuk mentransfer *fresh catalyst* dari vessel penampung *catalyst (catalyst storage hopper)* ke *regenerator* (alat untuk meregenerasi *catalyst*) sebagai *addition* untuk proses perengkahan. Mesin *pneumix* adalah suatu alat yang bekerja secara otomatis dengan menggunakan sistem komputerisasi, sehingga dapat bekerja secara akurat sesuai input data yang diberikan (Davison, 2005). Akurasi yang tinggi pada sistem *transfer pneumix* dapat dimungkinkan pengaturan penambahan katalis ke *regenerator* akurat sesuai yang diinginkan. Sistem kontrol inilah yang kemudian menjadi

alasan pemilihan dimana mesin *pneumix* digunakan sebagai salah satu fasilitas yang penting untuk mendukung proses operasi di kilang RCC.

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan jenis desain penelitian kombinasi, yaitu desain *deskriptif* dan *causal*. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut: (a) Teknik observasi, yakni pengamatan secara visual ke objek penelitian yaitu pada mesin *pneumix catalyst injection* unit RCC; (b) Studi kajian dokumen, dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan dokumen yang terkait dengan topik pembahasan penelitian. Sumber dokumen ini berupa data *design*, data historis dan laporan divisi *maintenance*, *operation* dan *engineering*; dan (c) Teknik wawancara, yakni pengumpulan data dengan mengajukan pertanyaan secara langsung kepada responden dalam hal ini pekerja *frontline* atau *supervisor* dari divisi *maintenance*, *operation* dan *engineering*. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data waktu *downtime*, data *planned downtime*, data waktu *set-up*, data produksi, data jumlah jam kerja (*available time*) dan data *speed rate time* untuk masing-masing mesin *pneumix catalyst injection* (15A107 A dan B).

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri atas tiga tahapan pokok yaitu persiapan penelitian, tahap pengumpulan data, dan tahap analisis.

Tahap Persiapan

Pada tahapan persiapan penelitian, yang dilakukan adalah observasi perusahaan yang akan menjadi objek penelitian, mengidentifikasi masalah yang ada di dalam perusahaan, menentukan rumusan masalah, tujuan penelitian dan studi literatur sebagai bahan perbandingan dengan penelitian lain serta sebagai panduan dalam memperoleh data serta proses analisis.

Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk melakukan penyelesaian dari masalah yang diteliti. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data, meliputi:

1. Perhitungan nilai *availability rate*.
Perhitungan *availability rate* berdasarkan data waktu operasi dan waktu *loading*. Perhitungan ini menentukan besar kesediaan mesin beroperasi atau pemanfaatan peralatan.
2. Perhitungan nilai *performance rate*
Perhitungan *performance rate* berdasarkan jumlah *input*, *ideal cycle time* dan waktu operasi. Perhitungan ini menentukan besar keefektifan pada saat kegiatan produksi.
3. Perhitungan nilai *rate of quality*

Perhitungan *rate of quality* berdasarkan pada jumlah *input* dan jumlah cacat. Perhitungan ini menentukan keefektifan produksi berdasarkan kualitas produk yang dihasilkan.

4. Perhitungan OEE
Perhitungan OEE adalah perkalian dari ketiga faktor yang tersebut di atas. Berfungsi untuk mengetahui besar produktivitas yang memudahkan dalam pencarian kesalahan untuk dilakukan suatu perbaikan.
5. Perhitungan *Six Big Losses*
Sixbiglosses adalah 6 penyebab terbesar rendahnya nilai OEE.
 - a. *Availability rate*
Breakdown losses yaitu kegagalan dan kerusakan mesin yang membutuhkan perbaikan.
Set up and adjustment losses yaitu adanya perubahan dalam kondisi operasi.
 - b. *Performance rate*
Idling and minor stoppage losses yaitu mesin berhenti sesaat, macet ataupun terganggu oleh faktor eksternal.
Speed losses yaitu terjadinya pengurangan kecepatan operasi mesin sehingga mesin tidak dapat dioperasikan pada kecepatan teoritisnya.
 - c. *Rate of quality*
Quality defect and required losses yaitu produk tidak sesuai dengan spesifikasi atau produk cacat sehingga perlu dikerjakan ulang atau dihancurkan.
Yield losses yaitu kerugian yang diakibatkan percobaan bahan baku pada saat melakukan *setting* mesin yang akan beroperasi sampai tercapainya proses yang stabil.

Tahap Analisis

Tahap analisis pada penelitian ini meliputi :

1. Perhitungan *ideal cycle time*. Perhitungan *ideal cycle time* berdasarkan kecepatan mesin melakukan injeksi dalam waktu per jam.
2. Perhitungan *Availability*. *Availability* adalah *ratio* waktu *operation time* terhadap *loading time*. Rumus untuk menghitung nilai *availability* adalah (Almeanazel, 2010):

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Loading time} - \text{Downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan :

- a. *Loading Time* adalah waktu yang tersedia per periode dikurangi dengan *downtime* mesin yang direncanakan. Perhitungan *loading time* sebagai berikut :

$$\text{Loading Time} = \text{Total Available Time} - \text{Planned Downtime}$$

- b. *Downtime* adalah waktu yang seharusnya digunakan untuk melakukan proses injeksi. Jika ada gangguan pada mesin maka mengakibatkan mesin tidak dapat melakukan proses sebagaimana mestinya. Rumus *downtime* adalah:

$$\text{Downtime} = \text{Breakdown} + \text{Set Up}$$

- c. *Operation time* adalah waktu proses yang efektif dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Operation Time} = \text{Loading Time} - \text{Downtime}$$

3. Perhitungan *Performance Effisiensi*. *Performance Efficiency* adalah *ratio* jumlah injeksi dikalikan dengan waktu siklus ideal terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses operas. Nilai *performance efficiency* digunakan rumus sebagai berikut (Gomaa H., 2003):

$$\text{Performance efficiency} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{Ideal cycle time}}{\text{Operating time}} \times 100\%$$

4. Perhitungan *Rate of Quality Product*. *Rate of Quality Product* adalah *ratio* produk yang baik sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses. Perhitungan *rate of quality product* sebagai berikut (Chana et al., 2005):

$$\text{Rate of quality product} = \frac{\text{Processed amount} - \text{Defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100\%$$

5. Perhitungan OEE. Rumus untuk menentukan OEE adalah (Kumar, 2014).

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

6. Perhitungan *Six Big Losses*

- a. *Downtime Losses*. *Equipment failure* dan waktu *setup and adjustment* dikategorikan sebagai kerugian waktu *downtime* (Afeby, 2013). Kegagalan mesin melakukan proses atau kerusakan yang tiba-tiba mengakibatkan mesin tidak menghasilkan *output*. Besarnya presentase efektivitas mesin yang hilang akibat faktor *breakdown loss* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Breakdown Loss} = \frac{\text{Total Breakdown Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

Proses kalibrasi, pengaturan *setting* pada panel mesin, *restart* mesin, penyesuaian pasca perbaikan maupun penggantian komponen mesin dinamakan *setup and adjustment* mesin. Besarnya presentase *setup and adjustment loss* digunakan rumus berikut :

$$\text{Setup and Adjustment Loss} = \frac{\text{Total Setup and Adjustment Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

- b. *Speed Losses*. Faktor yang mempengaruhi *speed losses* ini adalah *idling and minor stoppages* dan *reduced speed*. Rumus untuk menentukan faktor *idling and minor stoppages* dan *reduced speed* sebagai berikut :

$$\text{Idling and minor stoppages} = \frac{\text{idling and minor stoppages time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$\text{Reduce Speed Loss} = \frac{\text{Act Production time} - \text{ideal production time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Act prod time} - (\text{ICT} \times \text{Tot prod process})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

- c. *Quality Loss* adalah mesin menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan standar kualitas produk yang ditentukan. Faktor yang dikategorikan ke dalam *quality loss* adalah *defect loss* dan *yield reduced loss*. Rumus yang digunakan untuk menghitung faktor *defect loss* dan *Reduced yield losses* adalah:

$$\text{Defect loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Process defect}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\text{Reduced yield loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Redused yield}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

7. Perhitungan Waktu Pemeriksaan Optimal
Formula perhitungan interval waktu pemeliharaan optimal adalah (Taufik, 2015) :

1. Jumlah pemeriksaan (k)

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan}}{\text{Waktu operasi}}$$

2. Waktu Rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan ($1/\mu$)

$$1/\mu = \frac{MTTR}{t}$$

Dimana, berdasarkan (Dieter, 2000) MTTR dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$MTTR = \frac{\pi}{Waktu\ Operasi}$$

3. Waktu rata-rata melakukan pemeriksaan (1/i)

$$\frac{1}{i} = \frac{ti}{t}$$

4. Perhitungan frekuensi dan interval pemeriksaan

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}}$$

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = \frac{t}{n}$$

Keterangan :

λ = Laju kegagalan

μ = Waktu perbaikan rata-rata (Jam)

t = Waktu (Jam/bulan)

ti = Waktu yang dibutuhkan untuk

pemeriksaan (Jam)

k = Jumlah pemeriksaan (/Bulan)

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan OEE

Hasil perhitungan nilai *availability rate* pada mesin *Pneumix catalyst Injection* diperoleh hasil rata-rata *availability* mesin A (15A107A) adalah 86.22% sedangkan mesin B (15A107B) adalah 90.67%, *Performance efficiency* mesin A (15A107A) adalah 61.45% sedangkan mesin B (15A107B) adalah 83.76%, dan perhitungan nilai *Rate Of Quality* diperoleh hasil rata-rata *rate of quality product* mesin A (15A107A) adalah 99.997% sedangkan mesin B (15A107B) adalah 99.997%. Dari hasil nilai *avaibility rate*, *performance rate* dan *rate of quality* maka dapat dihitung besarnya nilai OEE. Hasil perhitungan OEE untuk kedua mesin pneumix A dan B dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan OEE

Mesin	Periode	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Rate of Quality (%)	OEE (%)
15A107A	I	90,02	66,74	99,996	60,08
	II	83,10	70,88	99,997	58,90
	III	85,54	46,71	99,998	39,96
Rata-rata		86,22	61,45	99,997	52,98
15A107B	I	87,32	86,77	99,997	75,77
	II	90,10	75,80	99,997	68,29
	III	94,58	88,70	99,998	83,89
Rata-rata		90,67	83,76	99,997	75,98

Dari tabel perhitungan diatas diperoleh hasil rata-rata *OEE* mesin A (15A107A) adalah 52.98% sedangkan mesin B (15A107B) adalah 75.98%.

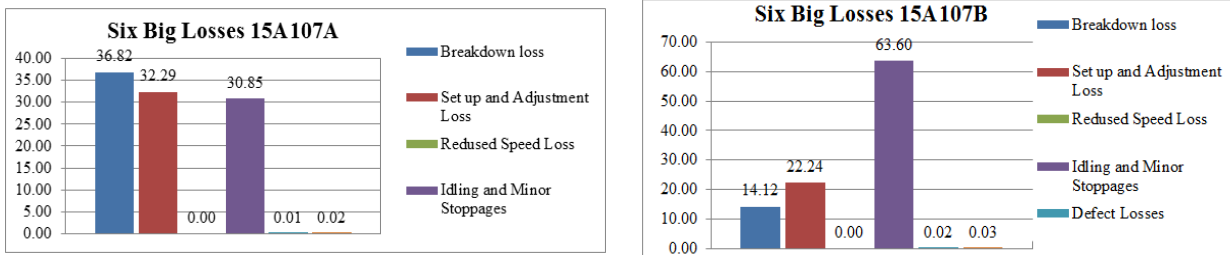
Perhitungan *Six Big Losses*

Hasil perhitungan *six big losses* dapat dilihat pada Gambar 1 untuk mesin pneumix A 15A107A) dan mesin pneumix B (15A107B).

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa faktor yang memiliki persentase terbesar dari keenam faktor *six big losses* pada mesin A (15A107A) adalah *breakdown losses* sebesar 36.81% sedangkan pada mesin B (15A107B) adalah factor *idling and minor stoppages* sebesar 63.60%.

Waktu Optimal Pemeriksaan Mesin

Dari data histori kerusakan, hasil perhitungan waktu optimal pemeriksaan komponen mesin *Pneumix Catalyst Injection* mesin A dan B dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Histogram OEE Six big losses 15A107A dan 15A107B

Tabel 2. Perhitungan interval waktu pemeriksaan komponen mesin Pneumix A dan B

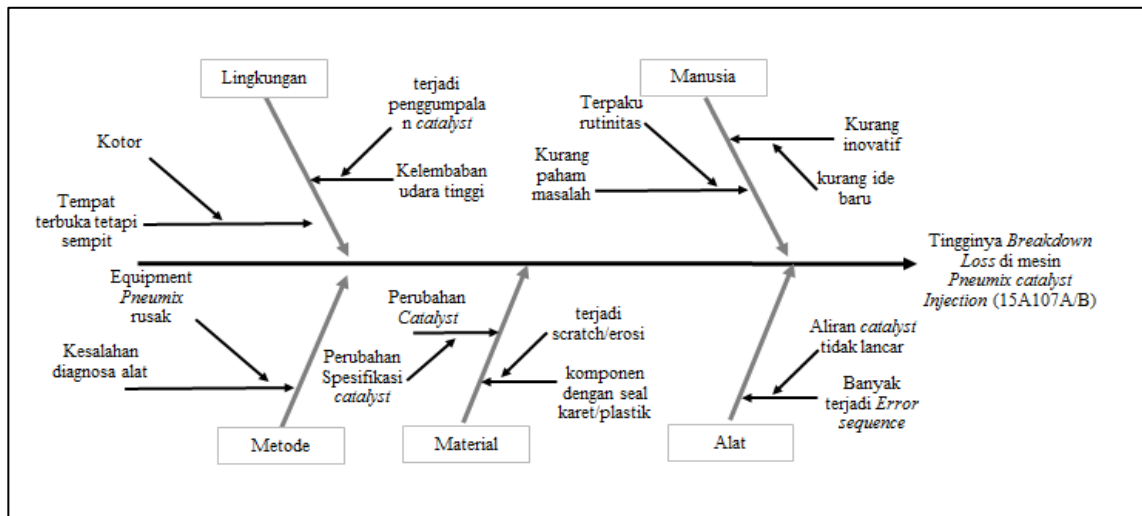
Mesin A																		
No.	Komponen	Penyebab	λ	Total λ	ti (menit)	ti (Jam)	t (Jam)	t (Bulan)	t/(Bulan)	MTTR/3 periode (jam)	k	(1/ μ)	μ	(1/i)	i	n	Interval Waktu Pemeriksaan (Jam)	Interval Waktu Pemeriksaan (Hari)
1	Valve Filling [V7]	Seal Scratch	2	7	602	10.03	1488	2.067	720.00	1.43	3.3871	0.0020	502.33	0.0139	71.8	0.6956	1035.07	43.13
		Cable ties tersangkut di stir valve	1															
		Ganti Valve Filling (V7)	3															
		ada kawat tersangkut	1															
2	Valve Purge [V8]	Ganti membran	1	6	355	5.92	1488	2.067	720.00	0.99	2.9032	0.0014	730.14	0.0082	121.7	0.6956	1035.07	43.13
		Ganti Purge Valve (V8)	3															
		Membran sobek	2															
3	Valve Transport [V5]	Ganti Purge Transport (V5)	1	2	150	2.50	1488	2.067	720.00	1.25	0.9677	0.0017	576.00	0.0035	288.0	0.6956	1035.07	43.13
		Seal Scratch	1															
4	NRV	ada 6 pcs kawat tersangkut	1	3	216	3.60	1488	2.067	720.00	1.20	1.4516	0.0017	600.00	0.0050	200.0	0.6956	1035.07	43.13
		Ganti seal NRV	1															
		Ganti O-Ring	1															
5	Valve Discharge [V6]	Repar Discharge Valve (V6)	1	2	220	3.67	1488	2.067	720.00	1.83	0.9677	0.0025	392.73	0.0051	196.4	0.6956	1035.07	43.13
		Ganti valve discharge (V6)	1															
6	Valve Venting [RC1]	Repar valve venting (RC1)	1	1	60	1.00	1488	2.067	720.00	1.00	0.4839	0.0014	720.00	0.0014	720.00	0.6956	1035.07	43.13
7	Valve transport [RC2]	Repar valve transport (RC2)	2	5	840	14.00	1488	2.067	720.00	2.80	2.4194	0.0039	257.14	0.0194	51.4	0.6956	1035.07	43.13
		Ganti valve transport (RC2)	3															
8	Power Supply	Ganti Power supply	1	1	420	7.00	1488	2.067	720.00	7.00	0.4839	0.0097	102.86	0.0097	102.9	0.6956	1035.07	43.13
Waktu Pemeliharaan Optimal Mesin				27	2863	47.72	1488	2.067	720	1.77	13.0645	0.0025	407.40	0.0663	15.1	0.6956	1035.07	43.13
Mesin B																		
No.	Komponen	Penyebab	λ	Total λ	ti (menit)	ti (Jam)	t (Jam)	t (Bulan)	t/(Bulan)	MTTR/3 periode (jam)	k	(1/ μ)	μ	(1/i)	i	n	Interval Waktu Pemeriksaan (Jam)	Interval Waktu Pemeriksaan (Hari)
1	Valve Purge [V8]	Ganti Purge Valve (V8) dan Pasang modifikasi V8	2	2	267	4.45	1056	1.47	720	2.23	1.36	0.0031	323.6	0.0062	161.80	0.82572	871.96	36.33
2	Valve Discharge [V6]	Pengantian V6	1	1	205	3.42	1056	1.47	720	3.42	0.68	0.0047	211	0.0047	210.73	0.82572	871.96	36.33
3	Power Supply	Ganti power Supply	1	1	237	4.35	1056	1.47	720	4.35	0.68	0.0060	166	0.0060	165.52	0.82572	871.96	36.33
4	Valve Filling [V7]	Ganti V7	1	1	280	5.07	1056	1.47	720	5.07	0.68	0.0070	142	0.0070	142.01	0.82572	871.96	36.33
5	NRV	Ganti O-Ring NRV Valve	1	1	160	3.07	1056	1.47	720	3.07	0.68	0.0043	235	0.0043	234.53	0.82572	871.96	36.33
Waktu Pemeliharaan Optimal Mesin				6	1149	20.36	1056	1.47	720	3.39	4.09	0.0047	212.22	0.0283	35.37	0.82572	871.96	36.33

Dari Tabel 2 diatas diperoleh hasil perhitungan untuk interval pemeriksaan pada mesin *pneumix catalyst injection* A (15A107A) adalah 44 hari, sedangkan untuk interval pemeriksaan pada mesin *Pneumix catalyst injection* B (15A107B) adalah 37 hari.

Analisis Sebab Akibat

Agar perbaikan dapat segera dilakukan, maka analisa penyebab faktor-faktor *six big losses* yang mengakibatkan rendahnya efektivitas mesin dalam perhitungan OEE dilakukan dengan menggunakan

diagram sebab akibat. Analisis yang dilakukan akan lebih efisien jika hanya diterapkan pada faktor-faktor *six big losses* yang dominan. Faktor-faktor yang berpengaruh adalah *breakdown loss* pada mesin A (15A107A) dan *Idling and minor stoppages loss* pada mesin B (15A107B). Faktor - faktor masalah yang mempengaruhi *losses* pada mesin *pneumix catalyst injection* (15A107A/B) ditunjukkan pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Fishbone Diagram *Pneumix Catalyst Injection*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah pendekatan penalaran kualitatif yang terbaik yang dapat digunakan untuk peralatan industri (Mayers, 2002). Pengolahan FMEA dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu *Component and Function*, *Potential Failure Mode*, *Potential Effect of Failure*, *Severity*, *Potential Causes of Failure*, *Occurrence*,

Current Controls, *Detection*, dan *Risk Priority Number (RPN)*. RPN adalah indikator kekeritisan untuk menentukan tindakan korektif atau tindakan pengurangan kegagalan sistem yang terjadi sesuai dengan mode kegagalan. Hasil perhitungan RPN mesin *Pneumix catalyst injection* seperti terlihat pada Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. RPN Mesin *Pneumix Catalyst Injection*

No.	Failure	(S)	Failure Mode	(O)	Current Control	(D)	RPN
1	Shotpot masih terisi catalyst	4	Catalyst belum terbawa semua	5	Lakukan manual <i>blow sequence</i> Cek <i>sight glass exhaust line</i> Tekan tombol <i>zero check</i> Re-Start kembali mesin <i>pneumix</i>	3	60
2	Adanya tekanan positif yang tertahan di <i>shotpot</i>	6	<i>Venting shotpot (RC1)</i> gagal membuka	5	Stop Injeksi dan matikan mesin <i>Pneumix</i> Hilangkan tekanan <i>hopper</i> dengan membuka <i>valve venting storage Hopper</i> Re-Start kembali mesin <i>pneumix</i>	3	90
3	Indikasi palsu	4	<i>Signal error</i>	5	Merreset neraca timbang yang terkena kumulatif dari <i>zero check</i> Tekan tombol <i>zero check</i> Re-Start kembali mesin <i>pneumix</i>	4	80
4	Level <i>Hopper</i> rendah	5	Aliran <i>catalyst</i> tersendat	5	Tambah bukaan <i>header inlet valve hopper</i> ke <i>pneumix</i> Change over operasi <i>pneumix</i>	3	75
5	Indikasi kenaikan pada neraca timbang terlalu lambat	4	Bukaan <i>valve inlet</i> terlalu kecil	5	Tambah bukaan <i>header inlet valve hopper</i> ke <i>pneumix</i> Lakukan kalibrasi ulang sistem <i>pneumix</i> cek kondisi <i>storage hopper</i>	3	60
6	<i>Valve filling shotpot</i> tidak bisa membuka	6	Tekanan <i>instrument air</i> kurang V-7 perlu <i>repair/ganti</i>	5	Naikkan tekanan <i>instrument air</i> Panggil <i>instrument</i> untuk periksa <i>valve filling [V7]</i>	4	120
7	<i>Pop-up valve</i> tidak bisa kembali ke posisi awal	4	Bantalan <i>pop-up valve</i> bermasalah Ada <i>catalyst</i> terjebak di pipa <i>pop-up line</i>	5	Panggil <i>maintenance</i> untuk check <i>pop-up valve</i> dan <i>rubber O-ring</i>	5	100

8	<i>Valve transport air (RC-2) passing (kondisi normally closed)</i>	6	<i>Seal RC-2</i> perlu <i>repair/ganti</i>	5	Lakukan <i>manual blow sequence check performance [RC2]</i> dengan menutup <i>valve exhaust [V9]</i> Panggil Maintenance untuk cek kondisi [RC2]	5	150
9	<i>Baseplate</i> kotor	5	Pembacaan yang salah pada neraca timbang	3	Bersihkan area <i>base plate</i> dengan udara kering Lakukan <i>manual blow sequence</i> Re-Start kembali mesin <i>pneumix</i>	2	30
10	Adanya tekanan positif yang tertahan di <i>shotpot</i>	5	<i>Venting shotpot (RC1)</i> gagal membuka	3	Lakukan <i>manual blow sequence</i> Cek <i>sight glass exhaust line</i> Tekan tombol <i>zero check</i> Periksa <i>venting shot pot [RC1]</i> Re-Start kembali mesin <i>pneumix</i>	3	45
11	<i>Valve filling (V-7)</i> tidak bisa menutup	6	Tekanan <i>instrument air</i> terlalu tinggi <i>V-7</i> perlu <i>repair/ganti</i>	3	Kurangi bukaan <i>Instrument air</i> Panggil maintenance untuk check kondisi [V7]	4	72
12	Kurangnya tekanan <i>transport air</i>	4	Tekanan <i>transport air</i> kurang tinggi <i>Pop-up valve</i> bermasalah <i>Rubber O-ring passing</i>	3	Tambah tekanan <i>transport air</i> Periksa <i>Pop-up valve</i> dan <i>rubber O-ring</i> Periksa kondisi <i>valve venting [V8]</i>	4	48
13	<i>Discharge valve (V-6)</i> tidak membuka	6	Tekanan <i>transport air</i> rendah <i>V-6</i> perlu <i>repair/ganti</i>	3	Naikkan tekanan <i>instrument air</i> Periksa <i>discharge valve [V6]</i>	3	54
14	<i>Purge valve (V-5)</i> tidak membuka	6	Tekanan <i>Instrument air</i> kurang tinggi <i>V-5</i> perlu <i>repair/ganti</i>	3	Naikkan tekanan <i>instrument air</i> Periksa <i>purge valve [V5]</i>	4	72
15	Sumbatan pada <i>line discharge</i>	7	<i>Catalyst</i> tidak bisa mengalir	3	Cek pada <i>sight glass</i> Panggil maintenance untuk melakukan perbaikan (tembuskan buntuan)	5	105
16	Tidak ada <i>catalyst</i> yang keluar kecuali udara	5	Ada bocoran pada <i>valve discharge</i>	3	Ada bocoran pada <i>discharge valve [V6]</i> Panggil maintenance periksa <i>discharge valve [V6]</i>	4	60
17	<i>Tube venting line (V-8)</i> tersumbat	6	Tekanan <i>shotpot</i> naik	1	cek <i>tube venting line [V8]</i> Re- start kembali sistem <i>pneumix</i>	4	24
18	<i>Venting line (V-8)</i> tidak membuka	6	Tekanan <i>shotpot</i> naik	1	Cek <i>tube venting line [V8]</i> Cek tekanan pada [R2] Panggil MA1-instrument untuk memperbaiki kerja [V8]	4	24
19	<i>After - Blow timer (F4)</i>	4	<i>Squence over lap</i>	1	tekan [F4], masukkan <i>input value</i> ke nilai awal "45" yakinkan panel operator pada posisi "system Idle" <i>Pneumix</i> bisa di start kembali.	2	8
20	<i>Filling</i> terlalu cepat	4	Bukaan <i>valve inlet</i> terlalu besar	9	Cek <i>valve header inlet hopper</i> menuju <i>shotpot</i> Atur bukaan <i>Block valve</i>	3	108
21	Adanya tekanan di <i>storage hopper</i>	4	<i>valve venting</i> tertutupan	9	Stop injeksi dan matikan <i>pneumix</i> Hilangkan tekanan pada <i>hopper</i> dengan membuka <i>valve venting hopper</i> Re-start <i>Pneumix</i>	3	108
22	<i>System idle</i> kejadian tidak berulang	4	<i>sequence error</i>	7	Yakinkan neraca timbang dalam posisi 0 Kg Tekan tombol <i>zero check</i> Re- start sistem <i>pneumix</i>	3	84
23	<i>System idle</i> kejadian berkelanjutan	4	<i>sequence error</i>	7	Matikan <i>pneumix</i> , diamkan selama 10 detik untuk mereset <i>rate injeksi</i> Re-start mesin <i>Pneumix</i> Jika diperlukan lakukan kalibrasi ulang	3	84

Usulan Penyelesaian Masalah

Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM)

Rekomendasi penerapan TPM harus dilakukan melalui implementasi delapan pilar TPM yaitu :

1. 5S

5S ditekankan pada kondisi kebersihan pada mesin *pneumix catalyst injection* dan sekitar mesin, karena debu *catalyst* dan kotoran lain di sekitar mesin terutama di *loadcell* (neraca timbang) akan mengganggu kerja mesin sehingga berdampak pada operasional mesin. Kebersihan pada lingkungan *warehouse* atau tempat penyimpanan bahan baku (material) juga sangat penting. Hal ini diketahui pada bahan baku terdapat *entrainment* berupa material lain seperti kawat dan tali plastik yang ketika masuk kedalam mesin akan menghambat kinerja *valve* dan merusak *seal valve* sehingga menimbulkan kerusakan-kerusakan pada komponen lain.

2. *Autonomous Maintenance*

Pada konsep *autonomous maintenance* terjadi proses *sharing* ilmu pengetahuan mengenai mesin *pneumix* dari departemen *maintenance*, *process engineer* atau bagian lain yang ahli dalam mesin *pneumix catalyst injection* kepada operator produksi. Operator akan mendapat materi mengenai pemahaman dasar tentang mesin, operasional mesin, sistem *safety* mesin, perawatan dasar mesin, sampai ke tahapan yang lebih *advance* lagi tentang mesin. Dalam *autonomous maintenance* ini diharapkan operator dapat melakukan kegiatan dasar tentang mesin yaitu mampu menjalankan mesin secara benar, membersihkan mesin secara teratur, mengetahui apa saja inspeksi yang harus diperiksa pada mesin, mampu memberi pelumasan pada bagian tertentu dari mesin, memeriksa bagian yang rawan terhadap kendor dan mampu melakukan pengencangan sendiri, melakukan *start up* mesin dan *shut down* mesin dengan benar dan mampu melakukan pengukuran sendiri terhadap kinerja mesin dan hal-hal lain yang bersifat pencegahan terhadap kerusakan mesin. Pihak teknisi *maintenance* juga akan diuntungkan dengan adanya *autonomous maintenance* karena *unplanned downtime* yang lebih rendah, frekuensi terjadinya kerusakan ringan akan turun, sehingga bisa lebih fokus pada *planned maintenance* dan *improvement* dari mesin.

3. *Focused Improvement* (Perbaikan yang terfokus)

Focused improvement merupakan tanggung jawab semua personel dari tingkat operator hingga top manajemen. Dengan mengawasi kegiatan pada kelompok-kelompok operator yang berfungsi menanggulangi masalah-masalah yang ada pada mesin

pneumix catalyst injection (15A107A/B). Kegiatan kelompok ini untuk menandai masalah, mencari penyebab, melaksanakan penanggulangan yang berhasil pada mesin *pneumix catalyst injection* (15A107A/B). Pada kelompok-kelompok operator tersebut nantinya akan menghasilkan *one point lesson* yaitu laporan ataupun pembelajaran terhadap masalah yang dihadapi dan mendapatkan cara penyelesaian masalah tersebut dalam hal ini mengenai kerusakan mesin *pneumix catalyst injection* (15A107A/B).

4. *Planned Maintenance* (Perawatan Terencana)

Planned maintenance berfungsi untuk mengontrol kerusakan dari setiap komponen mesin agar terhindar dari kerusakan yang lebih parah. Dengan melihat data historis kerusakan pada mesin *pneumix catalyst injection*, *effect* terbesar pada *downtime* yang ditimbulkan dari kerusakan adalah pada komponen *Valve transport* [RC2] lebih tepatnya penyebab kerusakan pada *seal valve* yang *scratch* (erosi). Analisa kerusakan yang ditimbulkan yaitu mengalami 700 menit berhenti dengan 3 kali kerusakan. Hal ini merupakan kerusakan dengan menghabiskan waktu terlalu lama yang terjadi pada mesin *pneumix catalyst injection* mesin A dan B (15A107A/B) selama periode Desember 2017 - April 2018. Dengan melihat kondisi pada *Valve transport* [RC2] dengan *downtime* 700 menit dengan 3 kali kerusakan maka sistem perawatan yang tepat digunakan adalah sistem *preventive maintenance*. melakukan inspeksi, perbaikan kecil dan penyetelan tekanan *transport* dan *instrument* air tidak terlalu tinggi (<6 Bar).

5. *Quality Maintenance* (Perawatan Kualitas)

Pada pilar *quality maintenance* kegiatan yang dilakukan adalah mengontrol proses injeksi *catalyst* untuk mencapai *zero defect*. Mulai dari spec material (*catalyst*) hingga proses yang dilalui sampai proses injeksi *catalyst* selesai. Untuk mencapai *zero defect* diharapkan adanya evaluasi dari *catalyst tapper* sebagai proses akhir.

6. *Training and Education* (Pelatihan dan Pendidikan)

Training bertujuan untuk meningkatkan kemampuan pekerja. Dalam training terdapat dua komponen yaitu *soft skill training* dan *technical training*. *Soft skill training* meliputi bagaimana cara kerja secara tim dan cara berkomunikasi, sedangkan *technical training* meliputi kemampuan memecahkan masalah dan kemampuan menguasai peralatan atau mesin. Training dilakukan secara rutin dan bertahap oleh perusahaan. Bukan hanya dilakukan training saja namun juga adanya pengontrolan terhadap teknisi (operator) tentang peningkatan ketrampilan dan

kemampuan yang dimiliki. Dengan adanya pengontrolan kemajuan ketrampilan dan kemampuan pada teknisi (operator) maka dapat dinilai seberapa efektif training yang diadakan oleh perusahaan.

7. *TPM in Administration* (TPM dalam Administrasi)

TPM dilakukan pada sistem administrasi perkantoran sehingga berjalan secara sinergis dengan operasi di lapangan. Dalam office TPM dilakukan untuk meningkatkan kepedulian akan prinsip-prinsip kerja yang benar. Penyimpanan *data losses* sebagai *lesson learn* dan *best practice* selama satu tahun terakhir serta membuat tindakan perbaikan dan pencegahan.

8. *Safety Health and Environment* (Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan)

Setiap pekerja harus memiliki pengetahuan dalam keselamatan dan kesehatan kerja pada lingkungan kerja agar dapat menunjang produktivitas. Penerapan aturan pada saat memasuki area kerja seperti menggunakan masker, *coverall*, *safety glasses*, helm keselamatan, *safety shoes*, *ear plug/ear muf* dan sarung tangan keselamatan. Adanya evaluasi ataupun sanksi yang diberlakukan ketika terdapat pelanggaran harus dilaksanakan untuk ketertiban dan keselamatan pekerja.

Kesimpulan dan Saran

Dengan analisis penerapan *Total Productive Maintenance* menggunakan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *six big losses* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada mesin *pneumix catalyst injection* A dan B (15A107A/B) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) maka diketahui bahwa nilai *efektivitas* pada mesin *Pneumix Catalyst Injection* A dan B (15A107A/B) pada periode Desember 2017 – April 2018 adalah sebesar 52.98% dan 75.98%, yang menunjukkan masih di bawah nilai *standard world class* (*Japanese Institute of Plant Maintenance*) yang menjadi acuan perusahaan yaitu 85% .
2. Faktor terbesar yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE atau nilai *efektivitas* pada kedua mesin tersebut adalah rendahnya nilai *performance rate* dengan persentase *six big losses* pada faktor *idling and minor stoppages* yaitu 30.85% pada mesin A (15A107A) dan 63.60% pada mesin B (15A107B) dari seluruh *time loss* yang terjadi.
3. Dari analisis FMEA diketahui bahwa nilai RPN tertinggi sebesar 150 adalah pada komponen *valve transport* [RC2] yang sering mengalami *passing* sehingga menjadi prioritas untuk

ditangani.

4. Rekomendasi perawatan yang dilakukan adalah adanya *autonomous maintenance* yang diberikan kepada operator produksi, mengadakan *training* bagi teknisi *maintenance*, adanya pengontrolan kemajuan ketrampilan dan kompetensi operator, pengawasan terhadap operator tentang kebersihan tempat kerja, tetap mengoperasikan mesin pada *rate* rendah saat proses *withdrawal* dan menggunakan sistem perawatan *preventive maintenance* pada komponen *valve transport* [RC2] sesuai waktu pemeliharaan optimum 44 hari untuk mesin A dan 37 hari untuk mesin B.

Referensi

- Afey, I.H., 2013. Implementation Of Total Productive Maintenance and Overall Effectiveness Evaluation. *International Journal Of Mechanical & Mechatronics Engineering*, Vol 13, No: 01.
- Almeanazel O.T., 2010. Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4, 517-522.
- Chana F.T.S., Laub H.C.W., Ipc R.W.L., Chana H.K., Konga S., 2005. Implementation of total Productive Maintenance : A Case Study, *Int. Journal Of Production, Economic*, 96, 71-94.
- Davison G., 2005 . *Panduan operasi “Pneumix Catalyst Injection”*, Netherland.
- Dinda Hesti Triwardani, Arif Rahman, Ceria Farela Mada Tantrika., 2013, Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam Meminimalisi Six Big Losses pada Mesin Produksi Dual Filters DD07 (Studi kasus : PT. Filtrona Indonesia, Surabaya, Jawa Timur), Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya
- Gomaa H., 2003. *Maintenance Planning and Management*, A Literature Sudy, American University in Cairo
- Jono . 2015 . Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Boiler Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Tekinfor/ Scientific Journal of Industrial and Information Engineering*, Vol 3, hh: 2.
- Kumar, D., 2014. Methodology Used For Improving Overall Equipment Effectiveness by Implementing ‘TPM’ In Plastic Pipe Manufacturing Industries. *International Journal Modern Engineering research*, Vol 4, No: 2249-6645.
- Mayers, J. 2002. *Risk-Based Decision Making*

Guidelines. Volume 3. US: United States Coast Guard .

- Melani, A, Utara, R & Wibowo, H . 2016. Evaluasi Efektifitas Mesin Creeper Hammer Mill dengan Pendekatan Total Productive Maintenance pada Perusahaan Karet Remah di Lampung Selatan. *Seminar Internasional dan Konferensi Nasional IDEC*.
- Rahayu, A . 2014. Evaluasi Efektivitas Mesin Kiln dengan Penerapan Total Productive Maintenance pada Pabrik II/III PT Semen Padang. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol 13, No.1.
- Sundari, E.Y., 2001. Strategi Penerapan Total Productive Maintenance Sebagai Upaya Meningkatkan Efektivitas Mesin Cetak pada PT. Masscom Grapy Semarang. Universitas Diponegoro Semarang.
- Tallulembang, Ign . 2006. *Buku Panduan Process Blue Book Unit RCC*, PT PERTAMINA (persero) RU VI, Balongan .
- Taufik . 2015. Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin di PLN (Persero) Sektor Pembangkit Obilia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol 14, No.2 238-258.
- Wati, C.L. 2009. Usulan Perbaikan Efektivitas Mesin Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness Sebagai Dasar Penerapan Total Productive Maintenance.

