

Analisis Efektivitas Mesin *Shot Blasting* dan *Painting* Menggunakan OEE serta Perencanaan TPM

Farah Kartika Bias Arum^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Aulia Nadia Rachmat³

¹Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya, 60111

^{2,3}Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya, 60111

*E-mail: farahkartika99@gmail.com

Abstrak

Mesin *shot blasting* dan *painting* merupakan suatu proses pembersihan material pelat dengan penembakan (*shot blasting*) dan kemudian dilakukan pengecatan (*painting*) pada pelat. Mesin *shot blasting* dan *painting* ini sering mengalami terjadinya kegagalan komponen, sehingga menjadi salah satu mesin utama dengan *downtime* paling tinggi. Oleh karenanya, untuk meminimalisir jumlah *downtime* maka perlunya menggunakan metode *Total Productive Maintenance* (TPM). TPM merupakan pengembangan dari *productive maintenance* bertujuan untuk mengukur efektivitas yang diukur menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *Six Big Losses* mencari penyebab jenis kerugian yang mempengaruhi efektivitas mesin. Kerugian tersebut selanjutnya diidentifikasi menggunakan *Fishbone* Diagram untuk mengetahui penyebab kerugian. Selanjutnya mengidentifikasi *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis* (FMECA) untuk mengetahui tingkat kekritisitas mode kegagalan komponen. Rata-rata nilai OEE mesin ini dibawah standar JIPM, yaitu 70,09%. Kerugian yang paling mempengaruhi efektivitas mesin adalah *reduced speed losses* sebesar 59,10%. Hasil identifikasi FMECA, didapatkan nilai *criticality ranking* tertinggi sebesar $1,5473 \times 10^{-1}$ yaitu *screw conveyor* dengan mode kegagalan motor penggerak mengalami *trip*. Rekomendasi 8 Pilar TPM pada penelitian ini berdasarkan hasil analisis OEE yaitu meningkatkan hasil *performance rate* dan *quality rate* serta berdasarkan hasil analisis *six big losses*, *fishbone diagram*, dan FMECA.

Kata Kunci: OEE, *Six Big Losses*, *Fishbone*, FMECA, TPM

Abstract

Shot blasting and painting machine is a process of cleaning plate material by shot blasting and then painting the plate. This shot blasting and painting machine often causes component failures, so that it becomes one of the main machines with the highest downtime. Therefore, to minimize the amount of downtime, it is necessary to use the Total Productive Maintenance (TPM) method. TPM is a development of productive maintenance which aims to measure effectiveness as measured using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method. Six Big Losses finding the causes of losses that affect the effectiveness of the machine. These losses are then identified using the Fishbone Diagram to determine the cause of the losses. After that is identification with FMECA, to determine the criticality level of the component failure mode. The average OEE value is below the JIPM standard, which is 70,09%. The type of loss that most affects the effectiveness of this machine is reduced speed losses of 59,10%. The results of the analysis using FMECA, the highest criticality ranking value of $1,5473 \times 10^{-1}$ is a screw conveyor with a trip motor failure mode. Recommendations for 8 pillars of TPM in this research based on the results of OEE analysis, which increase the results of the performance rate and quality rate and based on the results of the analysis of six big losses, fishbone diagrams, and FMECA.

Keywords: OEE, *Six Big Losses*, *Fishbone*, FMECA, TPM

1. PENDAHULUAN

Mesin *shot blasting* dan *painting* merupakan mesin yang memiliki peran paling utama saat poses produksi di perusahaan Galangan Kapal. Pelat berukuran 1,5m x 6m akan dilakukan proses pembersihan dengan penembakan (*shot*

blasting) menggunakan material biji besi, bertujuan menghilangkan karat pada permukaan pelat. Selanjutnya dilakukan pengecatan dengan *soft primer*, untuk melindungi material dari korosi. Berdasarkan data *downtime* selama tahun 2019-2020 mesin *shot blasting* dan *painting* sebagai salah satu mesin utama yang mengalami *downtime* paling tinggi sebesar 364 jam. Sehingga jika terjadi kerusakan pada komponen mesin dapat mengakibatkan keterlambatan produksi, menimbulkan kerugian bagi perusahaan dan dapat mengancam keselamatan para pekerja yang akan mempengaruhi produktivitas perusahaan (Pranoto, *et al.*, 2013).

Meminimalisir jumlah *downtime* perlu adanya implementasi menggunakan metode *Total Productive Maintenance* (TPM) (Madanhire & Mbohwa, 2015). Pelaksanaan TPM secara efektif mampu meningkatkan efisiensi dalam menghilangkan kerugian. Metode pengukuran kerja yang digunakan untuk mengukur keberhasilan TPM adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Mencari penyebab kerugian yang mempengaruhi efektivitas mesin, menggunakan metode *Six Big Losses*. Selanjutnya mengidentifikasi menggunakan FMECA untuk mengetahui tingkat kekritisan mode kegagalan komponen (Kuncahyo, 2015).

2. METODELOGI

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

OEE adalah mengukur kinerja mesin produksi dalam penerapan program TPM. Pengukuran kinerja dengan OEE terdiri dari 3 rasio yaitu *availability*, *performance* dan *quality*. Menurut Nakajima (1988), mesin dalam kondisi ideal jika pencapaian nilai OEE adalah > 85%. Perhitungan OEE menggunakan persamaan berikut:

$$1. \text{Availability Rate} = \frac{\text{Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Loading Time} = \text{Available Time} - \text{Planned Downtime} \quad (2)$$

$$\text{Operation Time} = \text{Loading Time} - \text{Total Down Time} \quad (3)$$

$$2. \text{Performance Rate} = \frac{\text{Pass on product} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Ideal Cycle Time} = \frac{\text{Waktu produksi (perhari)}}{\text{Jumlah produk}} \quad (5)$$

$$3. \text{Quality Rate} = \frac{\text{Pass on product} - \text{Defect Product}}{\text{Pass on product}} \times 100\% \quad (6)$$

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

Six Big Losses

Six big losses merupakan 6 kerugian besar yang menyebabkan rendahnya kinerja mesin (Nakajima, 1988). Perhitungan *six big losses* dibagi menjadi 3 kategori, yaitu: (Saiful, *et al.*, 2014)

1. *Downtime Losses*

$$a. \text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (8)$$

$$b. \text{Set-up and Adjustment} = \frac{\text{Setup time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (9)$$

2. *Speed Losses*

$$a. \text{Reduced Speed Losses} = \frac{\text{Operating Time} - (\text{ICT} \times \text{Total Produksi})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (10)$$

$$b. \text{Idling and Minor Stoppage Losses} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (11)$$

3. *Defect Losses*

$$a. \text{Defect/Rework Losses} = \frac{\text{ICT} \times \text{Defect Production}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (12)$$

$$b. \text{Reduced Yield Losses} = \frac{\text{ICT} \times \text{Defect Amount}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad (13)$$

FMECA (*Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*)

FMECA penggabungan 2 metode yaitu, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Criticality Analysis* (CA). FMEA menganalisis mode kegagalan dan pengaruhnya terhadap sistem, sementara CA mengklasifikasikan atau memprioritaskan tingkat kepentingan berdasarkan tingkat kegagalan dan tingkat keparahan. Nilai *criticality ranking* tertinggi menunjukkan tingginya tingkat kegagalan komponen dan menjadi prioritas utama dalam kegiatan perawatan (Army, 2006).

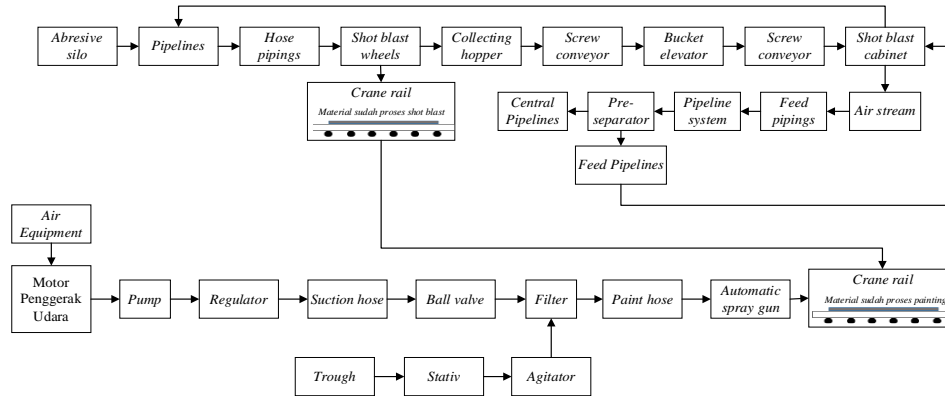
TPM (*Total Productive Maintenance*)

Menurut Nakajima (1989), TPM adalah suatu konsep yang ditujukan untuk stuktur perusahaan agar mencapai tingkat efisiensi tertinggi yang mungkin dicapai oleh sistem produksi (efisiensi menyeluruh), untuk mendirikan suatu sistem “tanpa kecelakaan dan tanpa produk cacat”, dengan tujuan pokok kepada *life cycle* dari sistem produksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

FBD (Functional Block Diagram)

FBD pada mesin *shot blasting* dan *painting* terdapat beberapa komponen penyusun yang memiliki fungsi tersendiri, dengan membentuk sistem aliran kerja dari mesin yang akan menghasilkan pelat sudah diblasting dan dipainting. Sehingga kita dapat mengetahui kondisi *disfunction* yang dialami oleh mesin *shot blasting* dan *painting*. Berikut *functional block diagram* mesin *shot blasting* dan *painting*:



Gambar 1. FBD Mesin *Shot blasting and painting*
Sumber: *Industrial Spare Parts G.m.b.H, 1990.*

OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Perhitungan OEE mesin *shot blasting* dan *painting* dipengaruhi oleh perhitungan *availability rate* pada rumus (1), perhitungan *performance rate* pada rumus (4) dan perhitungan *quality rate* pada rumus (5). Hasil perhitungan OEE dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan OEE 2019-2020

Overall Equipment Effectiveness (OEE) 2019-2020				
Tahun	<i>Availability Rate (%)</i>	<i>Performance Rate (%)</i>	<i>Quality Rate (%)</i>	OEE (%)
	(A)	(B)	(C)	[D] = (A)x(B)x(C)
2019	93,41	77,15	94,17	67,86
2020	96,55	78,60	95,30	72,32
Rata-rata	94,98	77,87	94,74	70,09
World Class OEE	>90	>95	>99	>85

Berdasarkan Tabel 1, hasil rata-rata OEE 2019-2020 sebesar 70,09% dimana masih belum memenuhi standar JIPM atau < 85%. *Availability rate* > 90%, menunjukkan tingkat kesiapan mesin digunakan sewaktu-waktu berada diatas 90%. *Performance rate* < 95%, menunjukkan penggunaan mesin tidak efisien karena tidak sesuai dengan kapasitas mesin yang seharusnya. *Quality rate* < 99%, menunjukkan produk yang dihasilkan mesin kurang maksimal dengan adanya *rework product*.

Six Big Losses

Setelah mengetahui hasil nilai OEE, selanjutnya menghitung *six big losses* yang menyebabkan efektifitas mesin rendah menggunakan rumus (8), (9), (10), (11), (12) dan (13). Berikut hasil perhitungan *six big losses*:

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Six Big Losses*

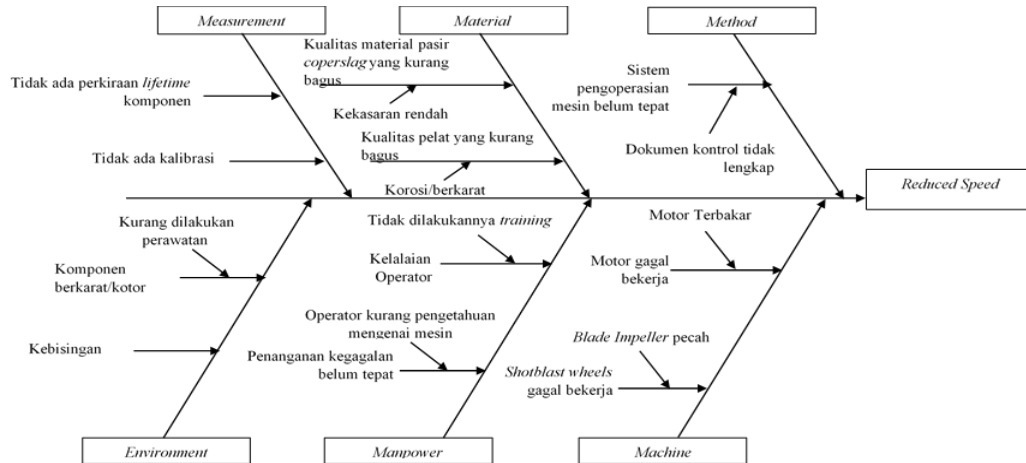
<i>Six Big Losses</i>	Durasi Time Losses (jam)	Persentase Time Losses (%)	Persentase Kumulatif (%)
<i>Reduced Speed Losses</i>	860,74	59.10	59.10
<i>Breakdown Losses</i>	365	25.06	84.16
<i>Deffect/Rework Losses</i>	147	10.07	94.23
<i>Set-Up And Adjustment</i>	84	5.77	100
<i>Idling And Minor Stoppage Losses</i>	0	0	100
<i>Reduced Yield Losses</i>	0	0	100

Total	1456,38	1,00	
--------------	----------------	-------------	--

Berdasarkan Tabel 2, kerugian yang mempengaruhi efektivitas mesin *shot blasting* dan *painting* yaitu *reduced speed losses* sebesar 59,10%. *Idling and minor stoppage losses* sebesar 0, dikarenakan data *non-productive time* tidak ada dan tidak terjadi pemberhentian mesin yang berulang. Nilai *reduced yield losses* sebesar 0, disebabkan tidak ada *defect amount* yang dihasilkan.

Fishbone Diagram

Langkah selanjutnya yaitu menggunakan *fishbone* diagram untuk mengetahui penyebab terjadinya kerugian *reduced speed losses*. Hasil identifikasi *reduced speed* menggunakan diagram *fishbone* sebagai berikut:



Gambar 2. Fishbone Diagram Reduced Speed Losses

FMECA (Failure Mode, Effect and Criticality Analysis)

Tahap selanjutnya menentukan *ranking* kekritisan dari setiap potensi kegagalan didasarkan pada *criticality number* dan *severity ranking*. menggunakan metode FMECA. Hasil *criticality ranking* dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Failure Mode, Effect and Criticality Analysis

Quantitative Failure Mode, Effect and Criticality Analysis											
System:		Fabrikasi Plant						Date:		June 2 st , 2021	
Part name:		Mesin Shot blasting and Painting						Sheet:		1 of 6	
Reference drawing:								Complied by:		Farah Kartika Bias Arum	
Mission:		Meningkatkan keefektifan mesin shot blasting and painting						Approved:		Agus Dwi Nugroho (SPV Maintenance)	
Item No	Item/function ID	Potential Failure Mode	Failure Mechanism	Severity	Failure Rate (λ) (10 ⁻⁶)	Failure Effect Probability (β)	Failure Ratio (α)	Operating Time (t)	Failure Mode Critically Number (Cm)	Item Critically Number (Cr)	Criticality Ranking
1	Screw conveyor/mengangkut pasir coperslag dari collecting hopper menuju bucket elevator	Motor penggerak screw conveyor mengalami trip	Disebabkan korsleting listrik atau short circuit	7	12 x 10 ⁻⁶	1	1	3684,1	2,2104 x 10 ⁻²	2,2104 x 10 ⁻²	1,5473 x 10 ⁻¹
2	Bucket Elevator/ mentransfer pasir coperslag menuju screw conveyor bagian atas	Motor penggerak bucket elevator mengalami trip	Disebabkan short circuit atau korsleting listrik pada komponen	7	9 x 10 ⁻⁶	1	3,333 x 10 ⁻¹	3684,1	1,1105 x 10 ⁻²	1,1105 x 10 ⁻²	1,5473 x 10 ⁻¹

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan hasil nilai *criticality ranking* tertinggi sebesar 1,5473 x 10⁻¹ tertletak pada item *screw conveyor* dengan mode kegagalan motor penggerak mengalami trip. Komponen ini memiliki frekuensi kegagalan yang sering serta *severity* yang tinggi dan jumlah kegagalan yang banyak, sehingga *criticality ranking* pada komponen ini tertinggi dibandingkan dengan komponen lainnya.

TPM (Total Productive Maintenance)

Pilar TPM berdasarkan hasil analisis OEE yaitu meningkatkan hasil *performance rate* dan *quality rate* serta berdasarkan hasil analisis *six big losses*, *fishbone diagram*, dan FMECA.

Table 4. Total Productive Maintenance

Pilar TPM	TPM berdasarkan hasil analisis OEE	TPM berdasarkan hasil analisis <i>six big losses</i> , <i>fishbone diagram</i> , dan FMECA
<i>Focused Improvement</i>	Menjaga kualitas bahan baku material pasir <i>coperslag</i> dan pelat.	Menetapkan jadwal interval waktu <i>preventive maintenance</i> berdasarkan <i>risk priority</i>
<i>Autonomous Maintenance</i>	Pendokumentasian berupa ICT per-harinya dan <i>output</i> yang dihasilkan..	Menerapkan 5S (<i>seiri, seiton, seiso, seiketsu</i> dan <i>shitsuke</i>)
<i>Planned Maintenance</i>	Pemeriksaan kondisi mesin dan parameter produk dilakukan secara periodik.	Kalibrasi peralatan inspeksi, ukur dan uji K3 sesuai jadwal.
<i>Quality Maintenance</i>	Pengecekan ulang pada pelat dan pasir <i>coperslag</i> dari pihak ke-3.	Menjaga kondisi mesin produksi selalu <i>ready to use</i> & menghasilkan produk pelat sesuai standar.
<i>Education and Training</i>	Memberi pengetahuan kepada operator standar <i>good product</i> dan ciri-ciri <i>rework product</i> .	Pelatihan kepada operator mengenai <i>autonomous maintenance</i>
<i>Safety, Health, and Environment</i>	<i>Safety induction</i> kepada tenaga kerja baru atau tenaga kerja kontraktor dan memberikan tes sebelum mulai bekerja.	Mewajibkan seluruh elemen produksi di area produksi menggunakan alat pelindung diri.
<i>Office TPM</i>	Memastikan peningkatan OEE dilakukan dengan biaya yang tepat.	Membuat dokumen kontrol untuk mendukung penerapan TPM.
<i>Development Management</i>	Mengevaluasi proses produksi mengenai jumlah ketersediaan material.	Memperhatikan <i>lifetime</i> komponen mesin <i>shot blasting and painting</i> .

Implementasi total productive maintenance (TPM) dilakukan agar dapat membantu peneliti untuk lebih bisa mencapai tujuan utama dari diterapkannya TPM yaitu *zero breakdown* dan *zero defect*, karena dengan dieliminasi *breakdown* (kerusakan) dan *defect* (kecacatan) maka pengoperasian peralatan akan meningkat. Sehingga biaya dapat diperkecil dan inventori dapat diminimalkan dan dengan sendirinya produktivitas akan meningkat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan OEE, didapatkan nilai rata-rata OEE mesin *shot blasting and painting* tahun 2019 dan 2020 adalah 70,09%. Nilai tersebut belum memenuhi standar JIPM yaitu sebesar $> 85\%$. Berdasarkan hasil FMECA, didapatkan hasil nilai *criticality ranking* tertinggi sebesar $1,5473 \times 10^{-1}$. Komponen yang memperoleh nilai tertinggi yaitu *screw conveyor* dengan mode kegagalan motor penggerak *screw conveyor* mengalami trip. Rekomendasi 8 pilar TPM berdasarkan hasil analisis OEE yaitu meningkatkan hasil *performance rate* dan *quality rate* serta tetap mempertahankan nilai *availability rate*. Rekomendasi 8 pilar TPM pada penelitian ini berdasarkan hasil analisis *six big losses*, *fishbone* diagram, dan FMECA, dengan cara menaikkan nilai *six big losses* dengan melihat penyebab dari *fishbone* diagram dan *critical ranking* pada komponen-komponen mesin *shot blasting and painting*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Department of the US Army. (2006). *Failure modes, effects and Criticality Analysis (FMECA) for command, control, computer, intelligence, surveillance and reconnaissance (C4ISR) Facilities*. Washington DC: Headquarters Departement of The Army Washington DC.
- Industrial Spare Parts* G.m.b.H. (1990). *Operation and Maintenance Manual of Shot Blasting and Painting Machine*.
- Kuncahyo, D. S. (2015). Pendekatan Penerapan *Total Productive Maintenance (TPM)* Di Stasiun *Press Palm Oil* Pada Mesin *Digester* Dan Mesin *Press* PT. Bangkitgiat Usaha Mandiri Dengan Menggunakan Indikator OEE Dan Metode FMECA (*Failure Mode Effect And Critical Analysis*), VIII(3), 436–450.
- Madanhire, I., & Mbohwa, C. (2015). *Implementing successful total productive maintenance (TPM) in a manufacturing plant. Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2218, 796–801.
- Nakajima. (1988). *Introduction to TPM (Total Productive Maintenance)*. Portland: Productivity Press, Inc.
- Saiful, dkk (2014). Pengukuran Kinerja Mesin Defektor 1 dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (studi kasus: PT. Perkebunan XY). Vol. 2, No. 2. Makassar: Universitas Hasanuddin, 6-7.
- Loetfi, Salsabila Azmi. (2020). Kalkulasi Efektivitas Gas Turbine Dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* Serta Perancangan *Total Productive Maintenance (TPM)*. Tugas Akhir Mahasiswa Teknik K3. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.