

ANALISIS TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DAN FUZZY FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

Supriyadi Gina Ramayanti Romi Afriansyah

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya
Jalan Raya Serang, Cilegon KM. 5, Serang, 42116

Email: supriyadi@mti@gmail.com, ginaramayanti@gmail.com, romiafriansyah1990@gmail.com

Abstrak -- Ash Handling System merupakan suatu bagian dari pembangkit listrik tenaga uap dengan bahan bakar batu bara yang berfungsi untuk menyalurkan limbah pembuangan sisa hasil proses pembakaran batu bara pada boiler. Sisa pembakaran terbagi menjadi fly ash dan bottom ash. Untuk sisa pembakaran fly ash akan disalurkan menuju ke Electrostatic Precipitator untuk ditangkap dengan metode corona dan ditransfer menuju penampungan fly ash dengan cara dimampatkan bersama udara dari kompresor yang melalui pipa-pipa dan tabung transporter. Sedangkan untuk sisa pembakaran bottom ash akan disalurkan dengan alat yang disebut SSC (Submerged Scraper Conveyor). Gangguan pada SSC dapat terjadi mulai dari belt putus, masalah pada penggerak, hingga masalah pada kelistrikan dan instrumennya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai OEE, mengetahui dampak gangguan belt sobek, mengetahui penyebab terjadinya belt conveyor sobek dan melakukan estimasi hasil perbaikan dari sisi biaya. Penelitian ini menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai OEE pada tahun 2015 sekitar 52,05%, masih di bawah standar nilai OEE sebesar 85%. Penyebab utamanya adalah adanya gangguan belt sobek karena gesekan belt dengan support return ketika belt conveyor mengalami jogging yang berdampak pada terganggunya penyaluran abu. Modifikasi dapat menghindari kerugian perusahaan sebesar Rp. 582.548.800,00.

Kata kunci: Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis, Overall Equipment Effectiveness dan Submerged Scraper Conveyor

Abstract -- Ash Handling System is a part of steam power plant with coal fuel that serves to distribute waste disposal waste from coal burning process at boiler. The rest of the combustion is divided into fly ash and bottom ash. For the rest of the fly ash combustion will be channeled to the Electrostatic Precipitator to be captured by the corona method and transferred to the fly ash reservoir by compressing the air from the compressor through the tubes and the transporter tube. As for the remaining burning bottom ash will be channeled with a tool called SSC (Submerged Scraper Conveyor). Disturbance to SSC from start belt breaks, problems on the mover to electrical problems and instruments. This study aims to determine the value of OEE, to know the impact of torn belt disorder, to know the cause of belt conveyor tear and make estimation of cost improvement results. This study uses the method of Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis. The results obtained are the average value of OEE in 2015 around 52.05% which is still below the standard value of OEE of 85%, the main cause of the torn belt is belt friction belt with support return when belt conveyor jogging that impact on disruption of distribution ash. Modifications can avoid the Company's loss of Rp. 582.548.800,00 caused by torn conveyor belt interruption.

Keywords: Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis, Overall Equipment Effectiveness and Submerged Scraper Conveyor.

PENDAHULUAN

Kelancaran produksi menjadi prioritas dalam kegiatan proses produksi. Banyak faktor yang mempengaruhi kelancaran proses, salah satunya adalah *performance* mesin yang baik. Mesin dengan *breakdown* rendah mampu membuat kualitas proses produksi berjalan dengan baik (Supriyadi dan Riskiyadi, 2016).

Perawatan mesin pendukung produksi

menjadi hal penting dalam menunjang kinerja produksi. *Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan program pemeliharaan peralatan produksi untuk menemukan dan menghilangkan faktor utama yang menghambat proses produksi (Sunaryo & Nugroho, 2015).

TPM merupakan kegiatan kelompok yang membutuhkan kerja sama keseluruhan karyawan terutama dari bagian *maintenance* dan produksi.

Pelaksanaan TPM secara efektif akan mampu meningkatkan efisiensi dalam menghilangkan kerugian akibat *equipment failure, set up and adjustment, minor stoppages, reduced yield* dan *process scrap and defects* (Madanhire & Mbohwa, 2015). Dalam konsep TPM menekankan peran operator yang lebih dalam mengidentifikasi kerusakan, melakukan perawatan dan perbaikan ringan tanpa harus menunggu menjadi kerusakan yang kompleks.

Salah satu metode pengukuran kerja yang digunakan untuk mengukur keberhasilan TPM adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Rimawan dan Raif, 2016). OEE terdiri dari *availability* (ketersediaan), *performance* (kemampuan) dan *quality* (kualitas) untuk melakukan pengukuran pada peralatan produksi yang digunakan bisa bekerja dengan normal atau tidak (Rahayu, 2014). Nilai *Availability*, *Performance*, dan *Quality* yang lebih rendah dari standar dunia perlu dilakukan perbaikan sesuai dengan akar masalah rendahnya nilai tersebut..

Vittalshwar, Shetty, & Prajual (2016) dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa TPM dan OEE mampu membantu perusahaan pembuatan botol air untuk mengidentifikasi kerugian proses dan inefisiensi yang sebelumnya tidak terdeteksi. Penerapan OEE pada mesin injeksi moulding mampu meningkatkan nilai OEE dari 61% menjadi 81% melalui implementasi *availability*, pemanfaatan sumber daya yang lebih baik, meningkatkan kepercayaan, dan semangat kerja karyawan (Vijayakumar & Gajendran, 2014). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Raut & Raut (2017) dan Jaganure & Badiger (2017) bahwa penerapan OEE secara efektif mampu meningkatkan nilai OEE secara keseluruhan dengan cara melakukan perbaikan-perbaikan variabel yang mempunyai nilai rendah.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui potensi penyebab kerusakan. FMEA merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengelola risiko secara efektif dalam suatu kegiatan (Hayati & Reza Abroshan, 2017). Menurut Yeh & Hsieh (2007) penggunaan FMEA mempunyai beberapa kekurangan antara lain, pernyataan sering subyektif dan digambarkan secara kualitatif, parameter *severity* (S), *occurrence* (O), *detectability* (D) diasumsikan memiliki kepentingan yang sama, mengabaikan kepentingan relatif diantara penilaian yang mungkin berbeda dalam praktek dan penilaian RPN yang sama, menyiratkan perbedaan representasi risiko yang berbeda

Metode Fuzzy FMEA merupakan salah satu alternatif untuk memperbaiki FMEA. Teori fuzzy mampu menghasilkan rumusan matematis dari variabel yang samar dan tidak akurat untuk menghitung RPN. Penggunaan logika fuzzy memperoleh hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan FMEA (Keskin & Özkan, 2009). Metode Fuzzy memperlakukan faktor *severity*, *occurrence*, dan *detection* sebagai variabel fuzzy dan melakukan evaluasi dengan menggunakan istilah fuzzy dan peringkat fuzzy. (Basjir, Supriyanto, & Suf, 2011). Dalam peraturan fuzzy menggambarkan nilai kritikalitas sebuah kesalahan untuk setiap kombinasi variabel input. Peraturan dirumuskan dalam istilah linguistik dan dinyatakan dalam bentuk 'If – Then'.

Ash Handling System merupakan suatu bagian dari pembangkit listrik tenaga uap dengan bahan bakar batu bara yang berfungsi untuk menyalurkan limbah pembuangan sisa hasil proses pembakaran batu bara pada boiler. Sisa pembakaran terbagi menjadi *fly ash* dan *bottom ash*. Untuk sisa pembakaran *fly ash* akan disalurkan menuju ke EP (*Electrostatic Precipitator*) untuk ditangkap dengan metode *corona* (pemancaran elektron) kemudian ditransfer menuju penampungan *fly ash* yang disebut silo dengan cara dimampatkan bersama udara dari kompresor yang melalui pipa-pipa dan tabung transporter. Sedangkan untuk sisa pembakaran *bottom ash* akan disalurkan dengan alat yang disebut SSC (*Submerged Scraper Conveyor*), *Vibrating grid* dan *ash crusher* kemudian dipindahkan menuju penampungan akhir yaitu *Ash Valley*.

Terdapat beberapa gangguan peralatan *Ash Handling*, baik peralatan penyaluran *fly ash* maupun peralatan penyaluran *bottom ash*. Dalam penelitian kali ini penulis fokus kepada peralatan *Submerged Scraper Conveyor*. Terdapat beberapa jenis gangguan pada *Submerged Scraper Conveyor*, mulai dari belt putus, masalah pada penggerak, hingga masalah pada kelistrikan dan instrumennya. Gangguan *belt conveyor* sobek menyebabkan proses penyaluran abu terganggu. Apabila masalah berlarut-larut (± 8 jam) maka unit pembangkit harus berhenti beroperasi sehingga perusahaan harus mengeluarkan biaya lebih untuk memperbaiki belt yang sobek, menurunnya nilai *performance conveyor*, dan menurunkan tingkat kepercayaan *Submerged Scraper Conveyor* pelanggan.

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui nilai OEE, mengetahui dampak gangguan *belt* sobek, mengetahui penyebab terjadinya *belt conveyor* sobek dan melakukan estimasi hasil perbaikan dari sisi biaya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada peralatan conveyor di perusahaan pembangkit listrik. Data yang dikumpulkan berupa data teoritis dan data historis. Data teoritis berupa teori mengenai *total productive maintenance*, *overall equipment effectiveness*, *failure mode and effects analysis* dan fuzzy *failure mode and effects analysis*. Data historis yang dipergunakan adalah data kerusakan peralatan, data operasional peralatan dan kualitas produk.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness menggambarkan mengenai performa peralatan dan kalkulasi akurat untuk mengetahui keefektifan peralatan yang digunakan (Wahid & Agung, 2016). Tujuan OEE adalah untuk menganalisis berbagai input data dan memberikan rincian mengenai proses manufaktur. (Vittaleshwar et al., 2016) menyatakan bahwa data yang telah diperoleh digunakan untuk menentukan keadaan proses saat ini, dan sebagai dasar kerangka untuk mencari penyebab masalah yang terjadi.

Pengukuran OEE didasarkan pada pengukuran *Availability ratio*, *Performance ratio*, dan *Quality ratio*. Nakajima (1988) menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*. *Performance ratio* adalah rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* berdasarkan perbedaan antara kecepatan ideal dan kecepatan operasi aktual. *Net operating rate* melakukan pengukuran suatu kecepatan dalam periode tertentu (Suhendra & Betrianis, 2005). *Quality ratio* adalah rasio yang menggambarkan kemampuan mesin dalam menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

$$Availability = \frac{Operation\ time}{loading\ time} = \frac{loading\ time - downtime}{loading\ time} \quad (1)$$

$$Performance = \frac{processed\ amount \times theoretical\ cycle\ time}{operation\ time} \quad (2)$$

$$Quality = \frac{processed\ amount - defect\ amount}{processed\ amount} \quad (3)$$

$$OEE = availability \times performance \times quality \quad (4)$$

Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis

Logika fuzzy merupakan cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Penilaian RPN dilakukan dengan menggunakan bilangan fuzzy dan dikalikan dengan bobot kepentingan dari setiap parameter parameter *severity* (S), *occurrence* (O),

detectability (D). Fungsi yang digunakan dalam fuzzy FMEA adalah pola segitiga dan trapesium. Parameter fungsi keanggotaan dan tipe kurva variabel input sesuai dengan Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Parameter Fungsi Keanggotaan Variabel Input

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
VL	Trapesium	[0 0 1 2.5]
L	Segitiga	[1 2.5 4.5]
M	Trapesium	[2.5 4.5 5.5 7.5]
H	Segitiga	[5.5 7.5 9]
VH	Trapesium	[7.5 9 10 10]

Sumber (Kosasih, Sukania, & Tamrin, 2009)

Input fungsi anggota dalam kategori tersebut yaitu untuk kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection*. Kategori tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kategori untuk input variabel

Severity (S)	Rangking			Kategori
	Occurence (O)	Detection (D)		
1	1	1		VL
2,3	2,3	2,3		L
4,5,6	4,5,6	4,5,6		M
7,8	7,8	7,8		H
9,10	9,10	9,10		VH

Sumber (Kosasih et al., 2009)

Ketiga kriteria tersebut dikalikan sehingga menghasilkan nilai FRPN. Ketiga kriteria itu jika dikalikan akan menghasilkan nilai FRPN. Parameter fungsi keanggotaan dan tipe kurva variabel output terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Kategori untuk Variabel Output

Kategori	Kelas Internal Nilai FRPN
VL	1-49
VL-L	50-99
L	100-149
L-M	150-249
M	250-349
M-H	350-449
H	450-599
H-VH	600-799
VH	800-1000

Sumber (Kosasih et al., 2009)

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Submerged Scraper Conveyor (SSC) merupakan alat yang berhubungan langsung dengan boiler. SSC mempunyai peran yang sangat penting bagi operasional unit. SSC berfungsi untuk menampung air laut, sebagai media pendingin abu sisa hasil pembakaran di furnace dan sebagai media pengangkut dan penyalur *abu bottom ash*. Blok diagram sebuah *Submerged Scraper Conveyor* (SSC) diperlihatkan pada Gambar 1.

Sebuah *Submerged Scraper Conveyor* (SSC) terdiri dari beberapa bagian, yaitu: *Drive*

Sprocket, Flighbar, Chain, Guide Roll dan Tension Spring.

SSC merupakan conveyor dengan rantai (*chain*) sebagai media angkutnya. Dengan kapasitas 25 T/H, SSC beroperasi secara kontinyu 24 jam sesuai desainnya. Pada aktualnya SSC mengalami kendala beroperasi dikarenakan beban angkut yang berakibat terjadinya *breakdown*. Disamping itu, batu bara yang digunakan mempunyai *ash content* yang cukup tinggi, sehingga kinerja SSC menjadi lebih berat dan part yang digunakan menjadi lebih cepat aus.

Nilai OEE diperoleh melalui perhitungan nilai *availability, performance* dan *quality*. Berikut

contoh perhitungan nilai parameter OEE *Submerged Scraper Conveyor*

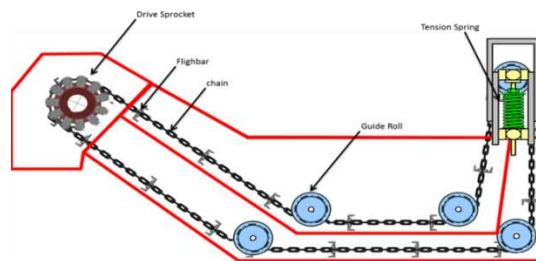
$$Availability = \frac{424 - 81}{424} \times 100\% = 80,90\%$$

$$Performance = \frac{550 \times 0,5}{343} \times 100\% = 80,17\%$$

$$Quality = \frac{550 - 100}{550} \times 100\% = 81,82\%$$

$$OEE = (0,8090 \times 0,8017 \times 0,8182) \times 100\% = 53,07\%$$

Secara detail data produksi, delay dan hasil *availability, performance, quality* dan OEE dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.



Gambar 1. *Submerged Scraper Conveyor*

Tabel 4. Data Produksi dan Delay *Submerged Scraper Conveyor* Tahun 2015

Bulan	Loading Time (Jam)	Downtime (Jam)	Processed Amount (M3)	Theoretical Cycle Time (Jam)	Operation Time (Jam)	Defect Amount (M3)
Januari	424	81	550	0,50	343	100
Februari	424	82	663	0,40	342	108
Maret	424	81	507	0,56	343	93
April	424	84	412	0,67	340	71
Mei	424	79	427	0,63	345	76
Juni	424	77	553	0,48	347	104
Juli	424	76	502	0,53	348	89
Agustus	424	78	401	0,67	346	64
September	424	80	446	0,59	344	67
Oktober	424	81	501	0,50	343	85
November	424	82	441	0,59	343	72

Tabel 5. Perhitungan OEE *Submerged Scraper Conveyor*

Bulan	Availability Ratio	Performance Ratio	Quality Ratio	OEE
Januari	80,90%	80,17%	81,82%	53,07%
Februari	80,66%	77,54%	83,71%	52,36%
Maret	80,90%	82,12%	81,66%	54,25%
April	80,19%	80,78%	82,77%	53,62%
Mei	81,37%	77,36%	82,20%	51,74%
Juni	81,84%	75,89%	81,19%	50,43%
Juli	82,08%	75,92%	82,27%	51,27%
Agustus	81,60%	77,26%	84,04%	52,99%
September	81,13%	76,27%	84,98%	52,58%
Oktober	80,90%	73,03%	83,03%	49,06%
November	80,66%	75,85%	83,67%	51,19%
Total	81,11%	77,47%	82,85%	52,05%

Berdasarkan perhitungan tersebut, diketahui bahwa rata-rata nilai OEE pada tahun 2015 sekitar 52,05%. Angka tersebut masih jauh dari angka ideal OEE sebesar 85%. Perbaikan nilai OEE pada *Submerged Scraper Conveyor* masih diperlukan untuk meningkatkan kemampuan kinerja secara keseluruhan.

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa rata-rata *nilai performance* mempunyai nilai yang paling kecil di antara parameter yang mempengaruhi nilai OEE. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan Rizkia, Adiarto, & Yuniati (2015) dan Maulidina, Rimawan, & Kholil (2016) yang mendapatkan nilai *performance* yang lebih rendah dalam perhitungan OEE. Nilai yang rendah pada mesin produksi akan menyebabkan nilai efektivitas yang rendah pada sistem produksi (Syaifudin, Novareza, & Efranto, 2015). Kemampuan mesin mempunyai pengaruh yang signifikan untuk meningkatkan *nilai performance* secara keseluruhan.

Berdasarkan dari pengamatan dan hasil wawancara yang dilakukan, ditemukan beberapa hal yang menyebabkan OEE belum maksimal. Hal-hal tersebut antara lain, patrol check dari operator yang kurang intensif dan pengetahuan teknisi yang berbeda mengenai perawatan peralatan dari segi manusia. Faktor mesin yang berpengaruh adalah *Design Support Return*

kurang memiliki *space* yang cukup untuk *belt jogging*, keausan *part-part conveyor stop overload*, dan *speedswitch ON* karena operasional peralatan. Faktor penyebab dari sisi metode adalah pemeliharaan rutin yang kurang mendetail, serta waktu serah terima operator saat pergantian shift terlalu cepat. Karakteristik abu yang berbeda dan tidak adanya alat pengatur dimensi suhu merupakan faktor penyebab yang terjadi dari segi material.

Penggunaan fuzzy FMEA dalam penelitian ini difokuskan pada sisi mesin karena memiliki nilai *performance* terendah. Data penyebab cacat yang disebabkan faktor mesin yang diperoleh dari hasil pengamatan dan wawancara kemudian diolah dalam perhitungan FMEA. Tahapan fuzzy FMEA adalah mendefinisikan fungsi keanggotaan input fuzzy untuk parameter *severity* (S), *occurrence* (O), *detectability* (D), evaluasi rule dengan menggunakan aturan IFTHEN yang didapat menjadi satu menjadi aturan *fuzzy*. Aturan IF-THEN digabungkan menjadi suatu pemetaan dari input fuzzy ke kesimpulan fuzzy. De-fuzzy-fikasi dengan cara menarik kesimpulan diubah menjadi nilai riil yang mempresentasikan risiko (Mansur & Ratnasari, 2016) Hasil nilai SOD kemudian diolah menggunakan metode *Fuzzy*. Perhitungan fuzzy FMEA secara detail dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Fuzzy FMEA

<i>Mode of Failure</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Effect of Failure</i>	S	O	D	RPN	FRPN	Kategori FRPN
<i>Conveyor Jogging</i>	Penyambungan <i>belt</i> tidak bagus	<i>Belt</i> sobek karena	7	4	6	168	712	H-VH
	Keausan <i>legging pulley Ply</i> pada <i>belt</i> rusak	bergesekan dengan <i>support return</i>	7	5	6	384	725	H-VH
	Beban angkut tidak merata		7	4	6	168	712	H-VH
	Beban angkut tidak merata		7	8	6	392	782	H-VH
<i>Conveyor stop overload</i>	Beban angkut berlebih	Penyaluran abu	3	7	4	96	621	H-VH
	Terdapat bagian <i>belt</i> terjepit	terganggu	3	5	4	60	269	M
	<i>MisAlignment gearbox Bearing</i> macet		3	4	4	48	269	M
<i>Speedswitch ON</i>	Pelumas <i>fluidcoupling</i> kurang	Penyaluran abu	3	4	4	48	269	M
	<i>Rubber basing</i> rusak	terganggu	3	4	4	48	269	M
	<i>Gear</i> pada <i>gearbox aus</i>		3	2	4	24	251	M
	<i>Belt</i> putus, tipis karena <i>lifetime Spi gearbox</i> rusak		3	2	4	24	251	M

Berdasarkan Tabel 6, *conveyor jogging* mengakibatkan beban angkut tidak merata dan merusak *belt* dengan nilai FRPN 782 dan kategori H-VH. Setelah itu, untuk mengatasi *belt* sobek dan gangguan *conveyor* yang muncul. Kemudian ada upaya memodifikasi *support return* yang bertujuan untuk menghilangkan potensi bahaya *belt* sobek ketika *jogging*. SSC yang ada sebelum modifikasi

diperlihatkan pada Gambar 2.

Dari data WO (*Work Order*) diketahui bahwa *belt* sobek dikarenakan *belt* bergesekan dengan *support return*, maka bentuk *support idler* akan diubah dengan pertimbangan bentuk *support idler* harus melebihi penyimpangan *belt* ketika *jogging* terjadi (± 10 cm).



Gambar 2. *Submerged Scraper Conveyor (SSC)*



Gambar 3. *Support Return Modifikasi Ash Handling*

Dengan merubah bentuk dan dimensinya, *support return* model baru telah berhasil mengatasi masalah belt sobek yang disebabkan oleh gesekan belt dengan *support return* ketika *belt jogging* terjadi. Jarak *belt* dengan *support return* model baru ketika dipasang yaitu 15 cm, sehingga ketika terjadi *belt jogging* pada bagian return belt akan tetap aman karena tidak bergesekan dengan *support return*. Gambar 3 memperlihatkan *Support Return Ash Handling* yang telah dimodifikasi.

Dengan menginvestasikan biaya sebesar Rp. 62.172.000,00 untuk modifikasi *support return* pada conveyor 7 maka seharusnya perusahaan dapat menghindari kerugian sebesar Rp. 582.548.800,00 yang disebabkan oleh gangguan *belt conveyor* sobek karena bergesekan dengan *support return*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian

yang dilakukan pada *Submerged Scraper Conveyor*, dapat ditarik kesimpulan yaitu rata-rata nilai OEE pada tahun 2015 sekitar 52,05% yang masih dibawah standar nilai OEE sebesar 85% sehingga memerlukan peningkatan atau perbaikan sistem untuk meningkatkan nilai OEE terutama dalam nilai *performance*.

Penyebab utama adanya gangguan *belt* sobek ialah gesekan *belt* dengan *support return* ketika *belt conveyor* mengalami *jogging*. Penyebab *belt jogging* itu sendiri dikarenakan material angkut yang tidak merata di atas *belt*. Jarak normal ujung *belt* dengan *support return* ialah 10 cm. Namun ketika terjadi *jogging*, *belt* mengalami gerakan ± 12 cm sehingga *belt* mengalami gesekan dengan *support return*.

Dampak yang ditimbulkan dari gangguan ini adalah terganggunya penyaluran abu . Karena sistem *conveyor* adalah *interlock* maka ketika salah satu *conveyor shutdown*, *conveyor* yang lain juga *shutdown*. Hasil modifikasi *support return* dapat menghindari terjadinya gesekan *belt* ketika terjadi *belt jogging*, juga dapat menghindarkan perusahaan dari kerugian sebesar Rp. 582.548.800,00 yang disebabkan oleh gangguan *belt conveyor* sobek.

REFERENSI

- Basjir, M., Supriyanto, H., & Suf, M. Pengembangan Model Penentuan Prioritas Perbaikan Terhadap Mode Kegagalan Komponen Dengan Metodologi FMEA, Fuzzy, dan Topsis Yang Terintegrasi. In *Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII*. 2011; 1–5. Surabaya: Program Studi MMT-ITS.
- Hayati, M., & Reza Abroshan, M. Risk Assessment using Fuzzy FMEA (Case Study: Tehran Subway Tunneling Operations). *Indian Journal of Science and Technology*. 2017; 10(9): 1-9. <http://dx.doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i9/110157>
- Jaganure, R., & Badiger, A. Improvement of OEE By Reducing Losses and Applying TPM. *International Journal of Advances in Production and Mechanical Engineering*. 2017; 3(2), 8–18.
- Keskin, G. A., & Özkan, C. An alternative evaluation of FMEA: Fuzzy ART algorithm. *Quality and Reliability Engineering International*. 2009; 25(6): 647–661. <http://dx.doi.org/10.1002/qre.984>
- Kosasih, W., Sukania, I. W., & Tamrin, W. Applied Fuzzy Assessment of FMEA for Production Plant of Paper Cutting Knives (Case Study: PT. XYZ). In *3rd International Seminar on Industrial Engineering and Management*. 2009. Bali, Indonesia.
- Madanhire, I., & Mbohwa, C. Implementing Successful Total Productive Maintenance (TPM) in a Manufacturing Plant. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. II). 2015. London, U.K.
- Mansur, A., & Ratnasari, R. Analisis Risiko Mesin Bagging Scale dengan Metode Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy-FMEA) di Area Pengantongan Pupuk Urea PT. Pupuk Sriwidjaja. *Jurnal Teknoin*. 2016; 21(4), 158–166.
- Maulidina, A. D., Rimawan, E., & Kholil, M. Analisa Total Productive Maintenance terhadap Produktivitas Kapal/Armada menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness pada PT. Global Trans Energy International. *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*. 2016; 9(1), 1–18.
- Rahayu, A. Evaluasi Efektivitas Mesin Kiln Dengan Penerapan Total Productive Maintenance Pada Pabrik li / lii Pt Semen Padang. *Optimasi Sistem Industri*. 2014; 13(1), 454–485. <https://dx.doi.org/10.25077/josi.v13.n1.p454-485.2014>
- Raut, S., & Raut, N. Implementation of TPM to Enhance OEE in A Medium Scale Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017; 4(5), 1035–1041.
- Rimawan, E. dan Agus Raif, Analisis Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Proses Packaging di Line 2 (Studi Kasus PT. Multi Bintang Indonesia. Tbk). *SINERGI* 2016; 20 (2): 140-148. <http://dx.doi.org/10.22441/sinergi.2016.2.008>
- Rizkia, I., Adiarto, H., & Yuniati, Y. Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Mengukur Kinerja Mesin Produksi Winding NT-880N untuk Meminimasi Six Big Losses. *Reka Integra*. 2015; 3(4), 273–284.
- Robby Suhendra, & Betrianis Betrianis. Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur pada Lini Produksi. *Jurnal Teknik Industri*. 2005; 7(2), 91–100.
- S.Nakajima. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, Cambridge. 1988.
- Sunaryo, & Nugroho, E. A. Kalkulasi Overall Equipment Effectiveness (OEE) Untuk Mengetahui Efektivitas Mesin Komatsu 80TT. *Teknoin*. 2015; 21(4), 225–233.
- Supriyadi, S. dan Riskiyadi, Penjadwalan Produksi IKS-Filler pada Proses Ground Calcium Carbonate Menggunakan Metode MPS di Perusahaan Kertas, *SINERGI* . 2016;

- 20 (2): 157-164.
<http://dx.doi.org/10.22441/sinergi.2016.2.010>
- Syaifudin, H. L., Novareza, O., & Efranto, R. Y. Pengukuran Performance Sistem Produksi Menggunakan Overall Throughput Effectiveness (OTE) (Studi Kasus: PT. Tani Gemilang Desa Kerjen Kecamatan Srengat Kabupaten Blitar). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*. 2015; 3(3), 475-484.
- Vijayakumar, S. R., & Gajendran, S. Improvement of Overall Equipment Effectiveness (Oee) in Injection Moulding Process Industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 2014; 2(10), 47–60.
- Vittaleshwar, Shetty, D. K., & Prajual. An Empirical Study Of Effect Of Total Productive Maintenance On Overall Equipment Effectiveness In A Water Bottling Industry. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016; 11(8), 973–4562.
- Wahid, A., & Agung, R. Perhitungan Total Produktifitas Maintenance (TPM) pada Mesin Bobin dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness di PT. XY, *Journal Knowledge Industrial Engineering*. 2016; 3(3), 40–49.
- Yeh, R. H., & Hsieh, M.-H. (2007). Fuzzy Assessment of Fmea for a Sewage Plant. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 2017; 24(6), 505–512.
<http://dx.doi.org/10.1080/10170660709509064>