

PENGUKURAN DAN PERBAIKAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) MENGGUNAKAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DAN ROOT CAUSE FAILURE ANALYSIS (RCFA)

Amrussalam¹⁾, Purnomo Budi Santoso²⁾, Ishardita Pambudi Tama³⁾
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya¹⁾
Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya^{2,3)}

Abstract Total Productive Maintenance (TPM) is an initiative to optimize the effectiveness of manufacturing equipment which the objectives are elimination of all accidents, defects and downtimes [5]. The fundamental measurement of TPM using a method called the Overall Equipment Effectiveness (OEE). The study was began by root cause identification of losses using Root Cause Failure analysis (RCFA), OEE was calculated based on the metrics calculation which consist of availability metrics, performance metrics, and quality metrics, while reliability was calculated based on the value of MTBF. It is followed by recommendation of TPM for improvement of losses. The results of this study indicate that the value of OEE does not achieve of world-class standards, where OEE is 35,38%. The factor greatly affects poor OEE and reliability is downtime loss in the machine, which is 2394,8 sec / process / day or 88,07% of all total losses. The proposed improvements of losses are application of Autonomous Maintenance and 5S concept, making of the precise process operating standard based on the machine conditions, need for planned maintenance, focused improvement, quality maintenance and most important, supervision of the machine operator.

Keywords: Total Productive Maintenance (TPM), Overall Equipment Effectiveness (OEE), Reliability and Root Cause Failure Anaysis (RCFA)

1. Pendahuluan

Tantangan yang dihadapi dalam suatu perusahaan adalah bagaimana meningkatkan produktivitas yang lebih tinggi dari proses produksinya. Untuk itu kelancaran proses produksi menjadi fokus utama dalam perusahaan karena terjadi kegiatan transformasi dari input menjadi output didalamnya. Salah satu faktor pendukung agar proses produksi tersebut berjalan dengan lancar adalah meningkatkan efektivitas mesin agar selalu optimal, karena apabila dalam mesin produksi tersebut tidak efektif yaitu dengan sering berhentinya mesin selama dalam menjalankan fungsinya (beroperasi) yang disebabkan adanya berbagai macam losses yang terjadi, maka dipastikan produksi tersebut akan terganggu dan merugikan perusahaan secara luas baik dari segi operasional maupun kepuasan pelanggan.

Losses adalah kerugian-kerugian yang ditanggung oleh perusahaan karena adanya waktu produksi yang terbuang atau adanya kerusakan yang mengakibatkan mesin tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. *Losses* ini menyebabkan kinerja mesin menurun yaitu efektifitas mesin saat beroperasi rendah, sehing-

ga harus dihilangkan selama mesin bekerja (beroperasi). Dengan hilangnya *Losses* pada mesin, maka produktivitas mesin tinggi.

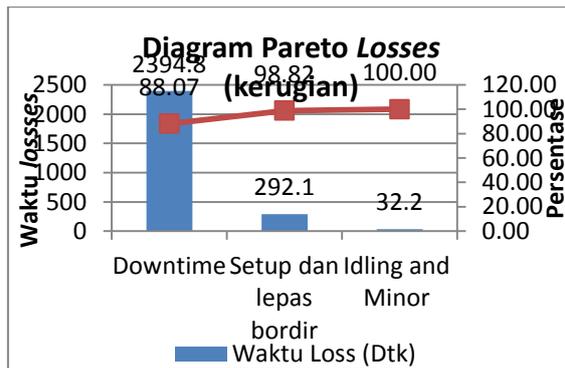
UD. Aliya adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang garment dan bordir komputer berdasarkan permintaan pelanggan. Adapun mesin utama yang dimiliki oleh UD. Aliya adalah mesin bordir komputer yang digunakan untuk menjahit bordir dengan berbagai motif yang diinginkan oleh pelanggan karena proses kerjanya untuk mesin bordir komputer ini adalah diatur sesuai dengan program untuk mendapatkan bentuk-bentuk motif yang diinginkan.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada proses pembordiran, ditemukan berbagai macam *losses* (kerugian) yang menyebabkan mesin tidak efektif seperti yang disajikan pada Diagram Pareto pada Gambar 1. Pada gambar 1, total waktu *losses* adalah 2719,1 detik/proses yang menunjukkan bahwa perusahaan mengalami kerugian waktu proses yaitu sebesar 2719,1detik/proses karena adanya gangguan mesin yang mengakibatkan mesin tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya untuk menghasilkan produk.

* Corresponding author. Email : amruz-25@yahoo.com

Published online at <http://Jemis.ub.ac.id>

Copyright ©2016 JTI UB Publishing. All Rights Reserved



Gambar 1. Diagram Pareto Losses (kerugian)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan akar penyebab terjadinya berbagai macam *losses* (kerugian) pada mesin dan solusi pencegahannya yang nantinya akan menjadi perbaikan bagi perusahaan dalam meningkatkan produktivitasnya, memperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari *loss* (kejadian) mesin seperti yang terdapat pada Gambar 1, guna mengetahui apakah sudah sesuai dengan nilai yang dianjurkan oleh industri kelas dunia atau tidak.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian studi kasus dengan mempelajari keadaan obyek penelitian secara intensif yaitu pada area produksi bagian bordir dengan memfokuskan perhatian pada kasus efektifitas dan keandalan mesin bordir dengan 20 head-9 needles/pcs. Untuk melaksanakan penelitian ini ada beberapa tahapan yaitu tahap pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan, pembuatan rekomendasi dan kesimpulan.

2.1 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilaksanakan pada bulan Januari 2015 sampai dengan selesai dengan menggunakan teknik observasi dan wawancara. Observasi (pengamatan) merupakan cara pengumpulan data dengan mengamati dan melihat langsung ke area yang diteliti dan wawancara dilakukan dengan mengadakan tanya jawab dan diskusi dengan pimpinan perusahaan dan bagian produksi terutama untuk penyebab terjadinya *losses* (kerugian) ketika mesin beroperasi

2.2 Pengolahan Data

Setelah melakukan pengumpulan data, maka selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan pengolahan data dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yaitu melakukan perhitungan untuk mengukur seberapa efektif mesin menggunakan pendekatan key metrics.

2.3 Analisa dan Pembahasan

Analisa dilakukan terhadap hasil-hasil yang diperoleh dari data yang telah diolah yang dimulai dengan penentuan akar penyebab terjadinya *loss* (kerugian) pada mesin dengan

menggunakan metode *Root Cause Failure analysis* (RCFA), pengukuran OEE dengan pendekatan key metrics dan analisa TPM untuk OEE tidak tercapai. Pembahasan dimaksudkan untuk memberikan evaluasi akar permasalahan dari hasil penelitian yang dilakukan dan sebagai suatu acuan perusahaan dalam melakukan tindakan pencegahan dan perbaikan untuk meningkatkan nilai OEE.

2.4 Rekomendasi

Pada tahap ini dilakukan pemberian rekomendasi berupa usulan tindakan pencegahan untuk melakukan perbaikan kepada perusahaan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan Akar Penyebab Terjadinya Losses (kerugian)

Untuk menentukan akar penyebab terjadinya berbagai macam *losses* (kerugian) pada mesin, penelitian ini menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA), dimana RCFA adalah suatu proses untuk mengidentifikasi akar penyebab sebenarnya dari kegagalan tertentu dan menggunakan informasi tersebut untuk menetapkan tujuan untuk melakukan tindakan perbaikan dengan struktur yang digunakan adalah *Fishbone Diagram* dan *Fault Tree Analysis* (FTA) [1].

a. Fishbone Diagram

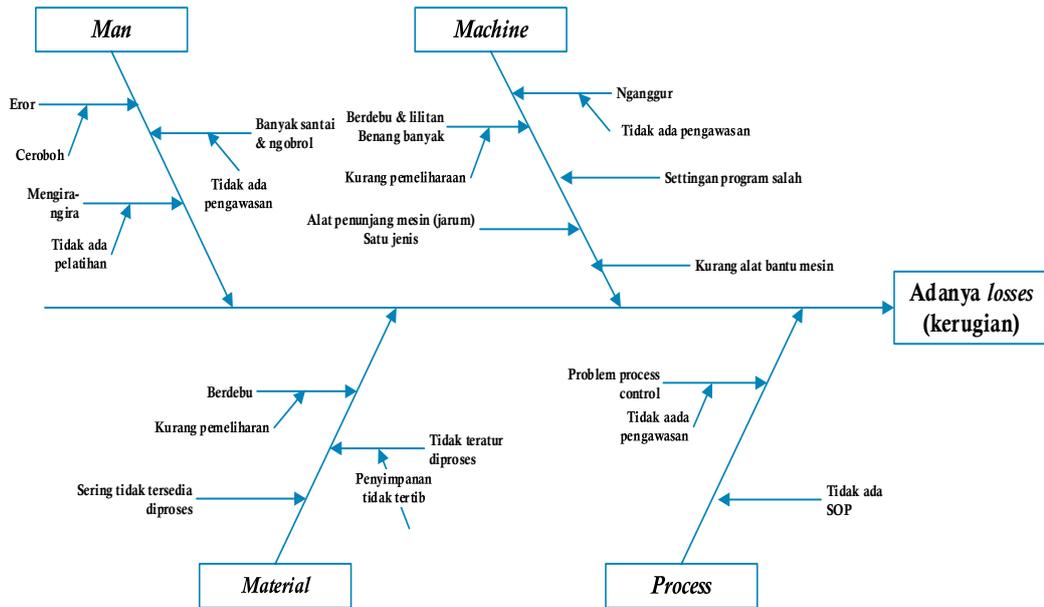
Untuk mengetahui, mencari dan menentukan penyebab terjadinya *losses* (kerugian) secara keseluruhan pada saat mesin beroperasi, struktur yang pertama dari *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) yang digunakan adalah *Fishbone Diagram* (diagram sebab akibat) dengan mengidentifikasi 4 (empat) kategori yang diambil yang meliputi material, mesin, manusia dan proses, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2 [7].

b. Fault Tree Analysis (FTA)

FTA adalah teknik deduktif yang digunakan untuk mengembangkan hubungan kausal untuk menganalisis kejadian atau kegagalan yang tidak diinginkan. Deduktif dalam arti bahwa akan dimulai dari menetapkan kegagalan sistem dan terbentang mundur untuk mencari penyebabnya sampai ke kesalahan yang independen yang mendasar [2]. Pada struktur ini, dilakukan analisis untuk setiap *loss* (kerugian) yang paling berkontribusi dan yang paling banyak menyebabkan *losses* yaitu meliputi putus benang mesin berasap dan jahitan loncat dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3 hingga Gambar 5.

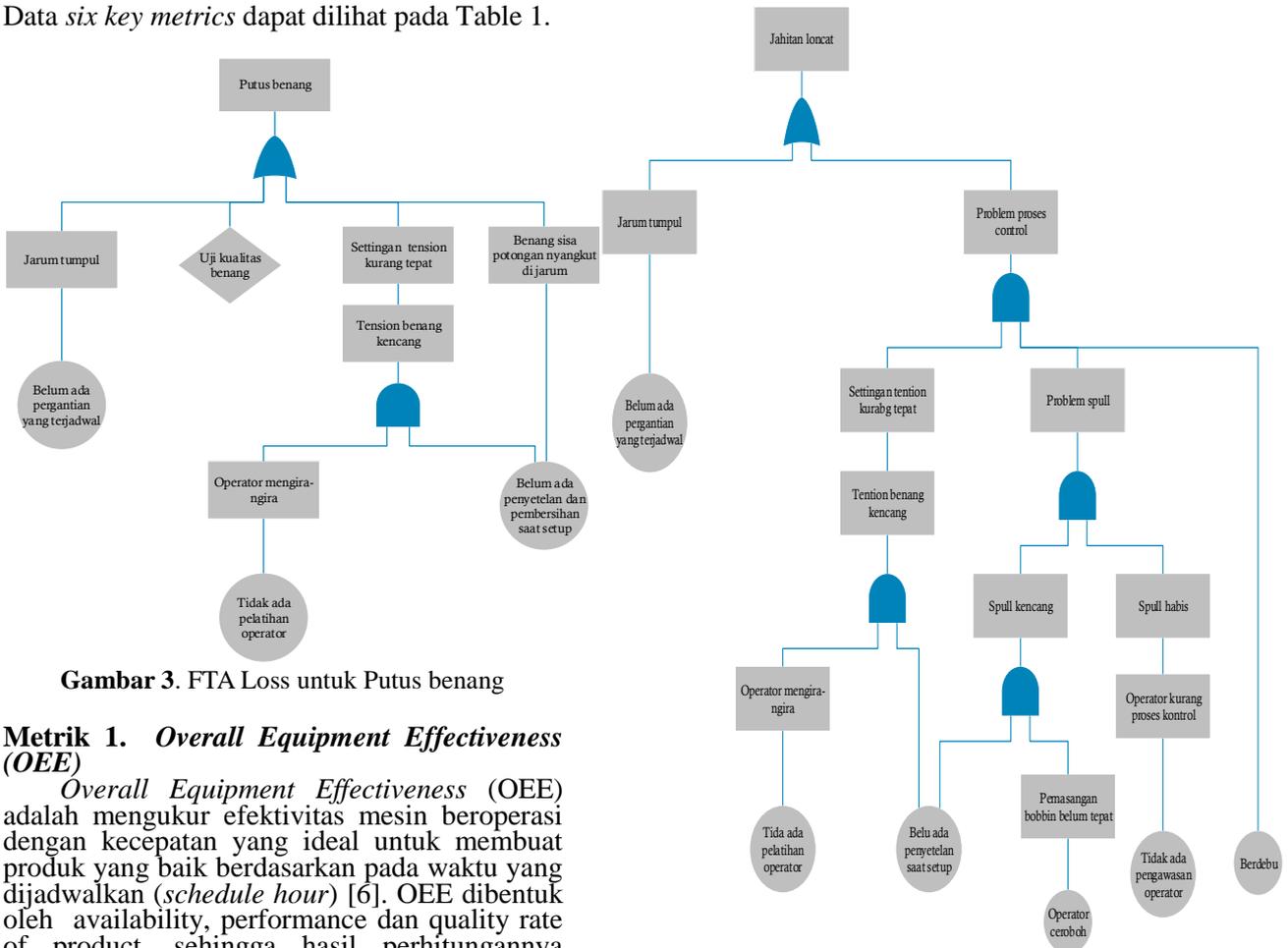
c. Pengukuran OEE dengan Pendekatan Keymetrics

Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ini menggunakan suatu hirarki metrik yang berfokus untuk mengukur seberapa efektif operasi manufaktur digunakan atau mesin menjalankan fungsinya (beroperasi) sebagai salah satu aplikasi dari TPM. Hirarki metrik pada OEE terdiri dari *six key metrics* [6].



Gambar 2. Fishbone Diagram untuk Penyebab Terjadinya Losses (Kerugian)

Data six key metrics dapat dilihat pada Table 1.



Gambar 3. FTA Loss untuk Putus benang

Gambar 4. FTA Loss untuk Mesin Berasap

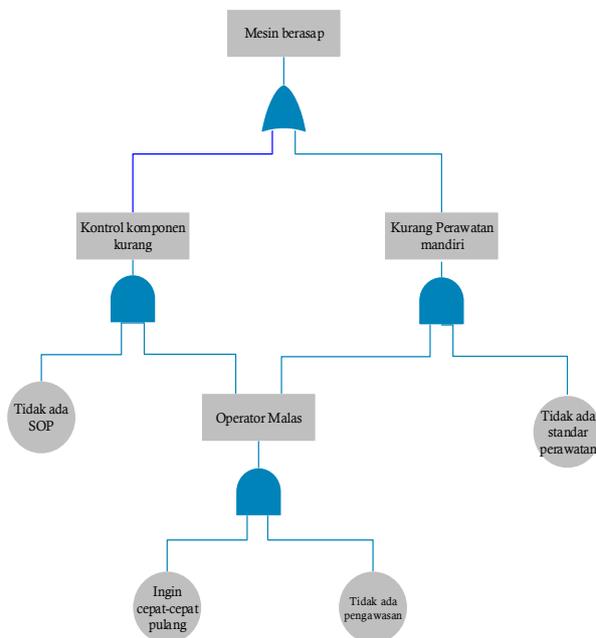
Metrik 1. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah mengukur efektivitas mesin beroperasi dengan kecepatan yang ideal untuk membuat produk yang baik berdasarkan pada waktu yang dijadwalkan (*schedule hour*) [6]. OEE dibentuk oleh availability, performance dan quality rate of product, sehingga hasil perhitungannya adalah:

$$\begin{aligned}
 OEE &= Availability \times Performance \times Quality \\
 &= 0,7463 \times 0,7341 \times 0,70 \\
 &= 0,38,45 = 38,35\%
 \end{aligned}
 \text{ (Pers.1)}$$

Tabel 1. Metrik OEE

Data	Total time/Day (Detik)	Waktusiklus aktual (Detik)	Waktu siklus ideal (Detik)	Planned Downtime/Day (Detik)	Schedule Time (Detik)	Unplanned Downtime/Day (Detik)	Run Time/Day (Detik)	Total cacat produksi
1	32400	8058	4786,9	3750	28650	5758,5	22892	8
2	32400	6136	4786,9	3750	28650	6919,7	21730	4
3	32400	6377	4786,9	3750	28650	7255,7	21394	6
4	32400	6964	4786,9	3750	28650	6257,4	22393	8
5	32400	6489	4786,9	3750	28650	6591,8	22058	7
6	32400	6167	4786,9	3750	28650	7493,5	21156	4
7	32400	6528	4786,9	3750	28650	6574,4	22076	6
8	32400	6414	4786,9	3750	28650	7271,9	21378	7
9	32400	5888	4786,9	3750	28650	11397,3	17253	5
10	32400	6171	4786,9	3750	28650	7177,6	21472	6
Jumlah =		65211	478690		286500		213802,1	61
Rata-rata =		6521,1	4786,9		28650		21380,2	6



Gambar 5. FTA Loss untuk Jahitan Loncat

Metrik 2. Total Effective Equipment Performance (TEEP)

TEEP (Total Effective Equipment Performance) adalah mengukur efektivitas mesin beroperasi dengan kecepatan yang ideal untuk membuat produk yang baik berdasarkan pada waktu kalender [3]. Untuk pengukuran ini dihitung berdasarkan pada hasil yang diperoleh dari metrik 3, metrik 5 dan metrik 6 dan perhitungannya adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{TEEP} &= \text{Asset Utilization} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \quad (\text{Pers.2}) \\
 &= 0,6599 \times 0,7341 \times 0,70 \\
 &= 0,3391 = 33,91\%
 \end{aligned}$$

Metrik 3. Asset Utilization

Asset Utilization adalah mengukur efektivitas mesin dari waktu yang dijadwalkan untuk operasi mesin dalam memproduksi unit produk yang berdasarkan pada calendar time dan nilainya dinyatakan dalam persentase [3]. Perhitungan ini didasarkan pada data total time dan runtime, dimana diperoleh total time = 32400 detik dan runtimenya = 21380,2 detik. Perhitungan Asset Utilization adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Asset utilization} &= \frac{\text{Runtime}}{\text{Total Time}} \quad (\text{Pers.3}) \\
 &= 65,99\%
 \end{aligned}$$

Metrik 4. Availability

Availability adalah untuk mengukur efektivitas mesin dari ketersediaan mesin tersebut untuk memproduksi unit produk yang berdasarkan pada schedule time dan nilainya dinyatakan dalam persentase [3]. Pengolahan untuk perhitungan ini dimulai dengan mengetahui schedule time dan runtime (Tabel 1). Dari data didapat bahwa schedule time = 28650 detik dan run time = 21380 detik, dengan perhitungan availability adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Availability} &= \frac{\text{Runtime}}{\text{Scheduled Time}} : \quad (\text{Pers.4}) \\
 &= \frac{21380,2}{28650} \\
 &= 0,7463 = 74,63\%
 \end{aligned}$$

Metrik 5. Performance

Performance adalah perbandingan antara ideal cycle time dengan actual cycle time yang digunakan untuk mengukur kemampuan mesin untuk menghasilkan produk yang dinyatakan dalam persentase [3]. Berdasarkan pada pengolahan data (Tabel 1), diperoleh ideal

cycle time adalah 4786.9 detik dan *actual cycle time* 6521.1 detik. Perhitungannya adalah:

$$Performance = 1 \times \frac{Ideal\ cycle\ time}{Actual\ cycle\ time} \quad (\text{Pers.5})$$

$$Performance = 1 \times \frac{4786,9}{6521,1} \\ = 0.7341 = 73.41\%$$

Metrik 6. Quality

Quality digunakan untuk menunjukkan unit (produk) yang baik yang dihasilkan sebagai persentase dari unit produk yang dihasilkan yang sesuai dengan spesifikasi yang diminta oleh customer [3]. Perhitungan metriknya adalah:

$$Quality = \frac{Good\ pieces}{Total\ pieces} \quad (\text{Pers.6}) \\ = \frac{14}{20} = 0,70 = 70\%$$

Faktor yang sangat berkontribusi terhadap rendahnya nilai eksisting dengan nilai standar yang dianjurkan untuk OEE dipengaruhi oleh faktor *availability*, *performance*, dan *quality* dengan masing-masing persentasenya adalah 74,63%, 67,40% dan 70%. Nilai OEE dengan TEEP, dimaksudkan untuk menunjukkan perbedaan antara pengukuran efektivitas mesin untuk membuat produk yang baik yang didasarkan pada waktu yang dijadwalkan perusahaan dengan pengukuran pada waktu kalender normal perusahaan. Perbedaan OEE terhadap TEEP disebabkan adanya waktu yang dijadwalkan dan sifatnya tetap untuk mesin berhenti beroperasi setiap harinya yaitu waktu untuk istirahat selama 1 jam dan pembersihan mesin dari debu setiap minggu selama 15 menit atau 2.5 menit/hari. Berikut ditampilkan hasilnya pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Nilai OEE dan TEEP

3.2 Analisa TPM untuk OEE Tidak Tercapai

Pada analisa ini, didasarkan pada identifikasi dan analisis pada Root Cause Failure Anaysis (RCFA) diatas dan pada

kegiatan-kegiatan yang terdapat pada Total Produktive Maintenance (TPM) untuk mengetahui dan mengatasi akar permasalahan yang sebenarnya yang menyebabkan rendahnya nilai OEE [4].

1. Pemeliharaan Mandiri (*Autonomous Maintenance*)

Dari pengamatan yang dilakukan didapat hasil bahwa OEE tidak tercapai disebabkan karena perawatan mesin yang dilakukan oleh operator adalah masih kurang, mesin dan material berdebu dan lilitan benang dalam mesin masih banyak. Hal ini disebabkan karena kurang disiplinnya operator untuk melakukan pembersihan dan pemeriksaan mesin secara rutin dan perusahaan belum menekankan suatu konsep untuk menjaga tempat kerja dibawah kontrol dengan melakukan pemeliharaan mandiri berupa konsep 5R atau 5S.

Faktor yang lain adalah belum ada pelatihan untuk pengaturan tention kepada operator, sehingga operator masih mengira-ngira, karena pelatihan tersebut bertujuan untuk mengembangkan kemampuan operator dalam penanganan mesin karena operator terlibat langsung untuk melakukan perawatan dan pengontrolan yang terbaik pada mesin yang mereka gunakan.

2. Perbaikan Terfokus (*Focused Improvement*)

Dari hasil pengamatan yang dilakukan bahwa terdapatnya kegiatan yang tidak efektif dan efisien yang dilakukan oleh operator terutama saat setup mesin, dimana operator menunggu karena peralatan pendukung mesin seperti midangan yang berukuran besar kurang. Dan juga karena belum adanya persiapan benang dan kain tidak tersedia pada proses border. Hal ini akan memperlambat penyetelan awal mesin sebelum mesin dioperasikan dan merupakan *loss* bagi perusahaan, sehingga perlu adanya perbaikan yang terus menerus dari perusahaan untuk mengatasi hal tersebut.

3. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Dari hasil pengamatan yang dilakukan bahwa belum adanya pergantian jarum yang terjadwalkan dan jarum yang digunakan hanya satu jenis untuk semua jenis kain. Jika jarum kurang dikontrol dengan baik, maka jarum tersebut lama-lama akan tumpul dan patah. Kemudian yang juga belum diperhatikan oleh perusahaan adalah penggunaan ukuran jarum yang harus disesuaikan dengan jenis kain yang digunakan agar jarum tidak mudah patah. Hal ini akan mengakibatkan *loss* (kerugian) yang ditanggung oleh perusahaan, sehingga perlu adanya pemeliharaan terencana yang harus dilakukan oleh perusahaan.

4. Pemeliharaan Kualitas (*Quality Maintenance*)

Dari hasil pengamatan didapat bahwa operator kurang pengontrolan proses selama mesin beroperasi yang meliputi spull habis, spull dan tension kencang, pemasangan bobbin tidak tepat oleh operator. Hal ini

mengakibatkan terjadinya losses pada mesin yaitu berupa jahitan loncat dan *proses control problems*, sehingga jahitan loncat tersebut diperbaiki ulang untuk mendapatkan kualitas yang baik.

3.3 Rekomendasi Tindakan Perbaikan

Di bawah ini akan dijelaskan secara rinci mengenai usulan tindakan yang didasarkan pada kegiatan TPM untuk melakukan perbaikan sebagai rekomendasi kepada perusahaan UD.Aliya yaitu sebagai berikut:

1. Usulan TPM untuk tindakan perbaikan penyebab *Downtime Losses*

Perusahaan perlu menerapkan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*), dimana operator terlibat langsung untuk melakukan perawatan yang terbaik terhadap mesin yang digunakan untuk menghilangkan secara menyeluruh *loss* (kerugian), penghentian, dan cacat dan peralatan dipercepat untuk diperbaiki serta perusahaan harus mengembangkan kemampuan operator untuk melakukan pembersihan secara rutin, pelumasan, inspeksi dan selalu menjaga tempat kerja dengan konsep 5R. Disamping itu juga, perusahaan harus membuat Standar Operasional Proses (SOP) mesin yang tepat sesuai dengan kondisi mesin dan yang juga harus diperhatikan oleh perusahaan adalah tindakan mengenai proses kontrol untuk permasalahan kualitas untuk selalu dalam keadaan baik agar proses produksi tersebut berjalan dengan tanpa ada gangguan yang merupakan bagian dari pemeliharaan kualitas (*quality maintenance*) serta yang tidak kalah pentingnya adalah adanya pengawasan operator secara continue di bagian proses bordir.

2. Usulan TPM untuk tindakan perbaikan penyebab *Setup Activity Loss*

Perusahaan harus memastikan semua material yang akan diproses, telah siap setengah jam sebelum material tersebut diproses di bagian proses pembodiran sebagai bagian dari pemeliharaan terencana (*planned maintenance*). Dan agar waktu aktivitas setup mesin berjalan secara efektif dan efisien, perusahaan harus mempertimbangkan untuk mengadakan alat bantu mesin cadangan terutama untuk midangan yang ukuran besar yang merupakan bagian dari perbaikan terfokus (*Focused Improvement*) dan juga diperlukan pengawasan yang terus menerus terhadap operator agar operator tidak banyak ngobrol dan santai.

3. Usulan TPM untuk tindakan perbaikan penyebab *Idling and Minor Stop*.

Perusahaan perlu menyediakan pengawasan terhadap operator dengan menempatkan seorang pengawas pada bagian proses border karena selama ini perusahaan belum ada pengawasan yang intensif. Perusahaan juga perlu melakukan perbaikan terfokus (*focused Improvement*) untuk memaksimalkan efisiensi waktu kerja mesin dalam menghasilkan produk dengan menghilangkan *losses* (kerugian) karena

terlambatnya dan tidak tersedianya material dan tidak adanya operator untuk pengawasan mesin sehingga mesin menganggur.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengolahan dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai OEE pada UD. Aliya masih jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai yang dianjurkan oleh industri kelas dunia yaitu sebesar 38,35%, sehingga harus segera diperbaiki dan selis nilai yang diperoleh OEE untuk mendapatkan nilai yang distandarkan adalah 41,65%.
2. Perbedaan OEE terhadap TEEP adalah adanya waktu yang dijadwalkan perusahaan untuk mesin tidak beroperasi yaitu sebesar 3750 detik/day yang digunakan sebagai waktu patokan perusahaan untuk mencapai target output produk perhari
3. Akar penyebab terjadinya berbagai macam *losses* (kerugian) adalah sebagai berikut:
 - Belum ada penyetelan settingan tension
 - Tidak ada pelatihan operator
 - Belum adanya pergantian komponen jarum secara teratur
 - Tidak ada Standar Operasional (SOP)
 - Operator ingin cepat pulang untuk melakukan pemeliharaan mandiri
 - Hanya satu jenis jarum yang digunakan
 - Operator ceroboh dalam pemasangan bobbin dan settingan program untuk bordir
 - Spull berdebu
 - Tidak ada pengawasan operator
 - Alat bantu mesin kurang terutama midangan besar
 - Persiapan material untuk pembodiran tidak tersedia di proses bordir
4. Usulan TPM untuk perbaikan yang akan direkomendasikan kepada perusahaan adalah perusahaan perlu menerapkan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*) untuk menghilangkan secara menyeluruh *losses* (kerugian) penghentian, dan cacat dan peralatan dipercepat untuk diperbaiki; mengembangkan kemampuan operator untuk melakukan pembersihan secara rutin, pelumasan, inspeksi dan selalu menjaga tempat kerja dengan konsep 5R; membuat Standar Operasional Proses (SOP) mesin yang tepat sesuai dengan kondisi mesin; memperhatikan permasalahan kualitas untuk selalu dalam keadaan baik agar proses

produksi tersebut berjalan dengan tanpa ada gangguan yang merupakan bagian dari pemeliharaan kualitas (*quality maintenance*); memastikan semua material yang akan diproses telah siap setengah jam sebelum material tersebut diproses di bagian proses pembodiran sebagai bagian dari pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan agar waktu aktivitas setup mesin berjalan secara efektif, perusahaan harus mempertimbangkan untuk mengadakan alat bantu mesin cadangan terutama untuk midangan yang ukuran besar; melakukan perbaikan terfokus (*focused improvement*) untuk memaksimalkan efisiensi waktu kerja mesin dalam menghasilkan produk dengan menghilangkan *losses* (kerugian) karena terlambatnya & sering tidak tersedianya material dan tidak adanya operator untuk pengawasan mesin serta yang tidak kalah pentingnya adalah adanya pengawasan operator secara terus menerus di bagian proses bordir.

Daftar Pustaka

- [1] David L. Ransom. (2007), "A Practical Guideline for successful Root Cause Failure Analysis", *Proceedings of the thirty-sixth turbomachinery symposium*. Hal. 149-156.
- [2] Enrico, Z. (2006), "An Introduction to The Basics of Reliability and Risk Analysis, Series on Quality", *Reliability and Engineering Statistics*, Vol. 13. World Scientific Publishing Co. Re. Ltd.
- [3] Hansen, R. C. (2001). *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production / Maintenance Tool for Increased Profits*, First Edition. Industrial Press. Inc., New York.
- [4] Muhammed Ben-Daya, et al. (2009), *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, Springer. London, New York.
- [5] Ricky Smith and Bruce Hawkins. (2004), *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*, Elsevier Butterworth-Heinemann. United States of America.
- [6] Stamis, D.H. (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*, Taylor and Francis Group. New York.
- [7] Wayne C. Tuner, et al. (1993), *Introduction to Industrial and Systems Engineering*, 3th Edition, Prentice-Hall. Inc., dalam Gunawan, J., Sutari, N. (Penterjemah). (2000), Pengantar Teknik & Sistem Industri. Edisi Ketiga. Jilid 1. Guna Widya, Surabaya.