

USULAN PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS DAN PERFORMANSI MESIN BOR FRIZZ PT SMART TEKNIK (PT Smart Teknik Utama)

Muhammad Humam Haekal¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Aji Pamoso³
^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, ^{1,2,3}Fakultas Rekayasa Industri, ^{1,2,3}Universitas Telkom
¹humamhaekal@gmail.com ²franstatas@telkomuniversity.ac.id
³aji_p9juli@yahoo.com

Abstrak

PT Smart Teknik Utama merupakan perusahaan industri Indonesia di kota Bandung yang memproduksi rodhing menggunakan mesin bor frizz. Mesin bor frizz adalah mesin yang memproduksi semua part utama yang terdapat pada rodhing yaitu *pitchfork control*, *pitchfork moving*, *moving rod*, *control rod*, *F control* dan *F moving*, harus memiliki performansi bagus dan bekerja optimal. Maka kebijakan *maintenance* pada mesin rodhing harus tepat. Metode yang digunakan *Total Productive Maintenance* (TPM) pada mesin bor frizz untuk dapat mengetahui sistem *maintenance* yang diterapkan sudah baik. Metode selanjutnya yaitu *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) *Analysis* untuk mengetahui performansi mesin dan tingkat efektivitas mesin. Dalam OEE dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *availability*, *performance rate*, dan *rate of quality* dari sebuah mesin, serta faktor *six big losses* untuk mengetahui faktor apa yang menyebabkan nilai OEE rendah.

Pada mesin bor frizz didapatkan. Nilai *overall equipment effectiveness* mesin bor frizz yaitu, *availability* 87, *performance rate* 77%, dan *quality rate* 95%. Sehingga nilai OEE 63%, sedangkan nilai *six big losses* terbesar adalah *equipment failure losses* dan *idling minor and stoppages losses* dengan nilai sebesar 36%. Setelah didapatkan nilai OEE dan *six big losses* dilakukan analisis terhadap 4 pilar *total productive maintenance* (TPM) yaitu *autonomous maintenance*, *quality maintenance*, *education and training* dan *planned maintenance*. Dari analisis terhadap 4 pilar TPM diberikan usulan berupa pembuatan *job desk* divisi *maintenance* yang baru, lembar pencatatan kerusakan dan lembar *controlling preventive maintenance*.

Kata Kunci – *Overall Equipment Effectiveness, Availability, Performance Rate, Rate of Quality, Six-big-losses Total Productive Maintenance.*

Abstract

PT Smart Teknik Utama is an Indonesian industrial company in the city of Bandung that produces roding using frizz drilling machines. Frizz drilling machines are machines that produce all the main parts contained in rods namely *pitchfork control*, *pitchfork moving*, *moving rod*, *control rod*, *F control* and *F moving*, must have good performance and work optimally. So the *maintenance* policy on roding machines must be right. The method used by *Total Productive Maintenance* (TPM) on the frizz drilling machine to find out which *maintenance* system is implemented is good. The next method is *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) *Analysis* to determine engine performance and engine effectiveness. In OEE calculation is carried out to determine the *availability* value, *performance rate*, and *rate of quality* of a machine, and the *six big losses* factor to find out what factors cause low OEE values.

The frizz drilling machine is obtained. Value of *overall equipment effectiveness* of drilling machine frizz, namely, *availability* 87, *performance rate* 77%, and *quality rate* 95%. So that the OEE value is 63%, while the biggest value of *six big losses* is *equipment failure losses* and *idling minor and stoppages losses* with a value of 36%. After obtaining the OEE and *six big losses*, an analysis of the 4 pillars of *total productive maintenance* (TPM) was carried out, namely *autonomous maintenance*, *quality maintenance*, *education and training* and *planned maintenance*. From the analysis of the 4 pillars of the TPM, there were proposals in the form of creating a new *maintenance* division *job desk*, *damage recording sheets* and *controlling preventive maintenance sheets*.

Keywords– *Overall Equipment Effectiveness, Availability, Performance Rate, Rate of Quality, Six-big-losses Total Productive Maintenance.*

1 Pendahuluan

PT Smart Teknik Utama merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri, yang memproduksi rodhing, salah satu mesin yang digunakan adalah mesin bor frizz. Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan mesin bor frizz memiliki jumlah mesin yang paling banyak, hasil wawancara di perusahaan juga diketahui bahwa mesin bor frizz memiliki tingkat kerusakan yang terbanyak, dan merupakan proses utama dari pembuatan rodhing, bila terjadi *downtime* maka itu akan memperlambat proses produksi dan akan mengurangi hasil produksi.

Untuk itu dilakukan pengukuran efektivitas dan performansi mesin bor menggunakan metode *total productive maintenance* (TPM) dan metode *overall equipment effectiveness* (OEE), dan mengetahui faktor apa yang menyebabkan penurunan efektivitas suatu *equipment* atau mesin dengan mengetahui dari faktor *six big losses* mana yang paling dominan mempengaruhi penurunan efektivitas produksi bagi perusahaan, maka untuk memudahkan analisa menggunakan metoda RAM dan OEE.

2 Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Maintenance atau perawatan adalah aktivitas agar komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam kondisi tertentu dan pada periode tertentu. Selain itu terdapat definisi lain perawatan adalah untuk memastikan setiap aset fisik yang dimiliki dapat memenuhi yang diinginkan oleh user terhadap fungsi yang dijalankan oleh aset tersebut. Dari pendapat diatas bahwa kegiatan perawatan dilakukan untuk merawat atau memperbaiki peralatan agar melaksanakan produksi dengan efektif dan efisien sesuai dengan pesanan yang telah direncanakan dengan hasil poduk yang berkualitas. Klasifikasi *maintenance* menurut.

2.1.2 Tujuan Maintenance

Tujuan dari *maintenance* sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan aset.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.1.3 Preventive Corrective dan Predictive Maintenance

Preventive maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi.

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem untuk mengembalikan sistem ke fungsi awal. Kegiatan ini bersifat tidak terjadwal, yang berarti tergantung pada kondisi sistem tersebut.

Predictive maintenance merupakan strategi perawatan dimana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri.

2.1.4 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) adalah pemeliharaan produktif yang dilaksanakan oleh seluruh pegawai melalui aktivitas kelompok kecil. Seperti TQC, yang merupakan kontrol kualitas total seluruh perusahaan, TPM merupakan pemeliharaan peralatan yang dilakukan pada basis seluruh perusahaan. banyak perusahaan telah beralih untuk membawa konsep manajemen kualitas total pada implementasi pemeliharaan pencegahan dengan sebuah pendekatan yang dikenal *total productive maintenance* (TPM). Hal ini melibatkan konsep pengurangan variabilitas melalui keterlibatan karyawan dan pemeliharaan arsip yang sempurna.

2.1.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall equipment effectiveness (OEE) merupakan produk dari *six big losses* pada mesin/peralatan. Keenam faktor dalam *six big losses* seperti telah dijelaskan diatas, dapat dikelompokkan menjadi tiga komponen utama dalam OEE untuk dapat digunakan dalam mengukur kinerja mesin/ peralatan yaitu *downtime losses*, *speed losses*, dan *defect losses*. OEE mengukur efektivitas keseluruhan peralatan dengan mengalikan *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product*. Pengukuran efektivitas ini mengkombinasikan faktor waktu, kecepatan, dan kualitas operasi dari peralatan dan mengukur bagaimana faktor-faktor ini dapat meningkatkan nilai tambah. Hubungan antar peralatan, *six big losses*, dan perhitungan OEE.

2.1.6 Six Big Losses

Pengukuran efektivitas mesin/peralatan dapat diidentifikasi melalui the *six big losses* di antaranya :

1. *Equipment Failures*
Equipment failures disebabkan oleh kecacatan peralatan yang membutuhkan perbaikan. Kerugian besar meliputi *product opportunity loss*, *sparepart loss*, *sporadic losses*.

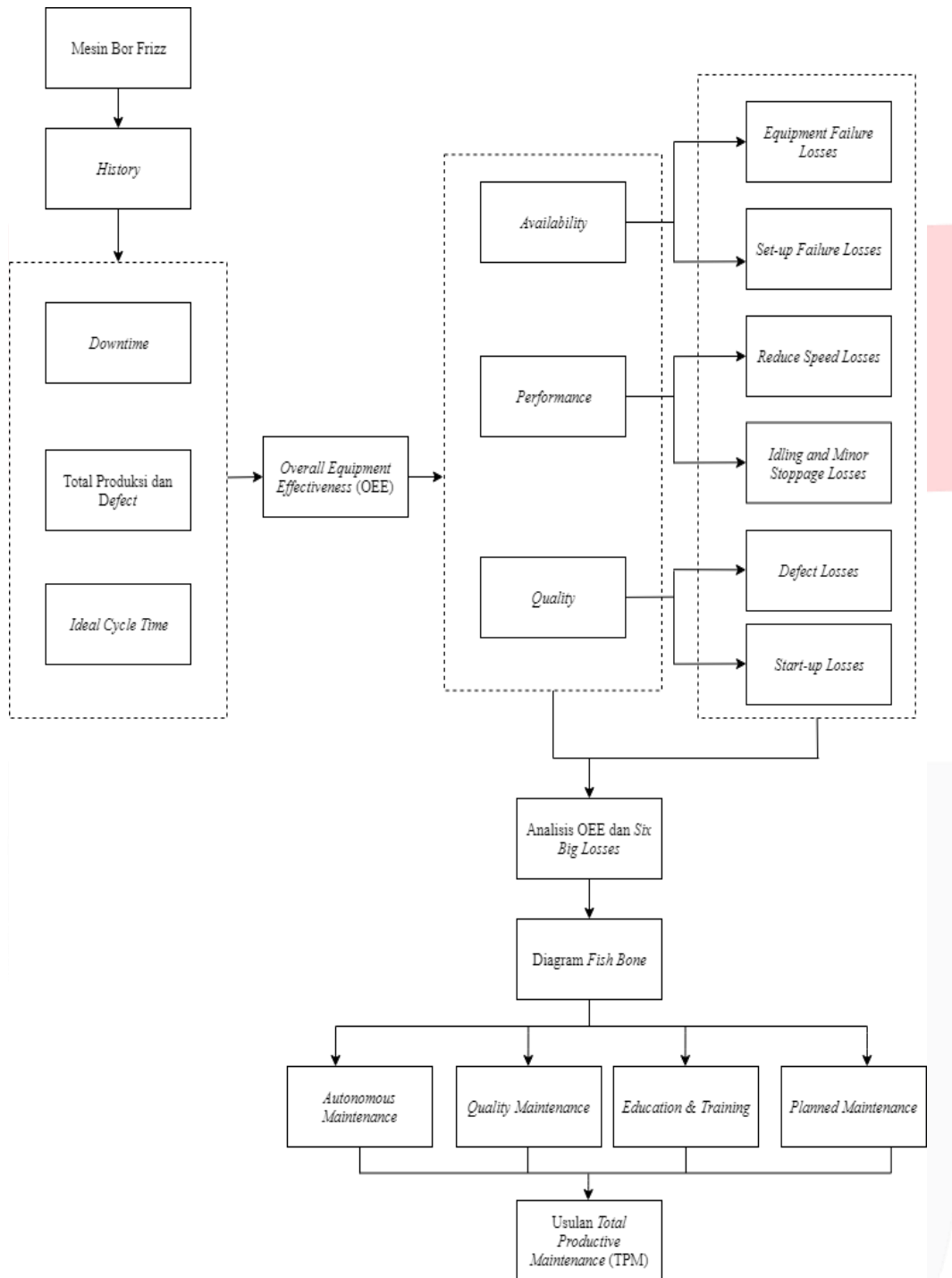
2. *Set-up and Adjustments*
Set-up and adjustments disebabkan oleh perubahan-perubahan dalam kondisi operasi, seperti pergantian jenis produk yang dibuat, pergantian shift, penyesuaian kondisi operasi.
3. *Idling and Minor Stoppages*
Idling and minor stoppages, karena kesalahan sensor atau menunggu material/part yang akan datang atau diproses. *Idling and minor stoppages* disebabkan karena kejadian mesin terhambat terhenti sejenak dan *idle*.
4. *Reduced Speed Losses*
Reduced speed losses disebabkan karena menurunnya kecepatan mesin, mesin tidak bekerja pada kecepatan normalnya.
5. *Defect losses*
Scrap/defect disebabkan karena produk yang dihasilkan berada di luar spesifikasi atau cacat pada saat proses produksi berlangsung secara normal, serta kualitas yang dihasilkan buruk. Produk harus dikerjakan ulang atau *re-work*.
6. *Start-up Losses*
Start-up losses disebabkan lamanya waktu untuk menyesuaikan ke kondisi normal sehingga menyebabkan banyak *reject* dan *scrap*. Untuk menstabilkan mesin produksi butuh material untuk mencoba.

2.1.7 Fish Bone

Diagram tulang ikan atau *fishbone* adalah salah satu metode / *tool* di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga diagram ini disebut dengan diagram Sebab-Akibat atau *cause effect* diagram. Penemunya adalah seorang ilmuwan jepang pada tahun 60-an. Bernama Dr. Kaoru Ishikawa, ilmuwan kelahiran 1915 di Tikyo Jepang yang juga alumni teknik kimia Universitas Tokyo. Sehingga sering juga disebut dengan diagram ishikawa. Metode tersebut awalnya lebih banyak digunakan untuk manajemen kualitas. Yang menggunakan data verbal (*non-numerical*) atau data kualitatif.

2.1.8 Model Konseptual

Model konseptual merupakan bentuk aliran yang menunjukkan hubungan konsep pemikiran yang dirangkaikan berdasarkan aspek hipotesis dan teoritis untuk menuntun penelitian mencapai tujuan yang diinginkan. Aliran atau langkah-langkah untuk melakukan penelitian ini dituangkan dalam model konseptual, berdasarkan penelitian yang akan dilakukan pada mesin bor frizz maka untuk itu bisa dilihat pada gambar III-1, Penelitian ini akan menghasilkan ukuran *performance* dari mesin bor frizz dengan menggunakan metode *total productive maintenance* (TPM) dan *overall equipment effectiveness* (OEE). Berikut ini merupakan model konseptual berdasarkan pada permasalahan yang akan diteliti.



Gambar II.1 Model Konseptual

3 Pembahasan

3.1 Perhitungan Overall Equipment Effectiveness

Berdasarkan hasil perhitungan OEE pada mesin bor frizz pada tahun 2016-2018 yang dapat dilihat pada Tabel 3.1. Dapat diketahui apakah nilai *availability*, *performance rate*, dan *quality rate* pada mesin -mesin tersebut sudah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan oleh *Japanese Institute of Plant Maintenance (JIPM)* atau belum. JIPM menetapkan batasan ideal dari indeks OEE berdasarkan pengalaman perusahaan - perusahaan, berupa:

- a. *Availability* > 90%
- b. *Performance Rate* > 95%
- c. *Quality Rate* > 99%

Sehingga nilai OEE yang ideal adalah: $87\% \times 77\% \times 95\% = 63\%$. Berikut adalah tabel klasifikasi pemenuhan kriteria JIPM dari hasil perhitungan OEE :

- a. $Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% = \frac{Loading\ Time - Down\ Time}{Loading\ Time} \times 100\%$
- b. $Performance\ Efficiency = \frac{Processed\ Amount \times Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time} \times 100\%$
- c. $Rate\ of\ Quality\ Product = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Processed\ Amount} \times 100\%$

Tabel 3.1 Nilai Overall Equipment Effectiveness

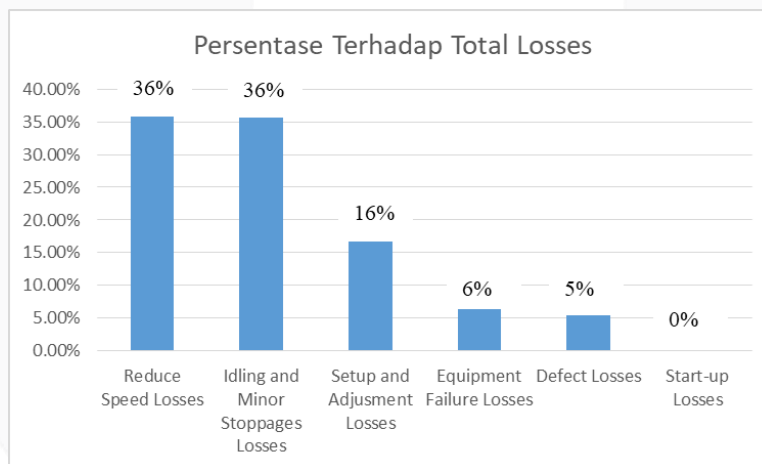
Tahun	Availability	Performance	Quality	OEE
2016	87%	78%	96%	65%
2017	87%	77%	95%	63%
2018	87%	75%	95%	62%
Total	87%	77%	95%	63%

3.2 Six Big Losses

Pada *six big losses* ini menunjukkan bahwa, Persentase terbesar pertama dari total *six big losses* adalah *reduce speed losses* dan *idling and minor stoppage losses* sebesar 36%, hal tersebut menunjukkan bahwa *reduce speed losses* dan *idling and minor stoppage losses* terjadi karena jumlah *downtime* yang cukup banyak dan waktu mesin menganggur atau *idle* yang terlalu banyak. Untuk mengatasi masalah kerugian karena bahwa *reduce speed losses* dan *idling and minor stoppages* adalah melakukan perawatan *preventive, corrective*, dibuatkan standar kerja dalam penggantian material mesin. Mesin yang dipengaruhi factor bahwa *reduce speed losses* dan *idling and minor stoppages* juga dapat membuat waktu operasi mesin tidak mencapai waktu ideal. Oleh karena itu *reduce speed* menjadi salah satu persentase *losses* terbesar.

Dimana persamaannya:

- a. $Breakdown\ Loss = \frac{Total\ Breakdown\ Time}{Loading\ Time} \times 100\%$
- b. $Setup\ and\ Adjustment\ Losses = \frac{Total\ Setup\ and\ Adjustment}{Loading\ Time} \times 100\%$
- c. $Idling\ Minor\ Soppages\ Losses = \frac{(Jumlah\ target - jumlah\ produksi) \times Teorical\ cycle\ time}{Loading\ Time} \times 100\%$
- d. $Reduce\ Speed\ Losses = \frac{Actual\ Operation\ time - ideal\ operation\ time}{Loading\ Time} \times 100\%$
- e. $Defect\ Losses = \frac{(Total\ Reject \times Ideal\ Cycle\ Time)}{Loading\ Time} \times 100\%$
- f. $Start\ up\ Losses = \frac{Waktu\ Siklus\ Ideal \times Jumlah\ cacat\ pada\ awal\ produksi}{Loading\ Time} \times 100\%$



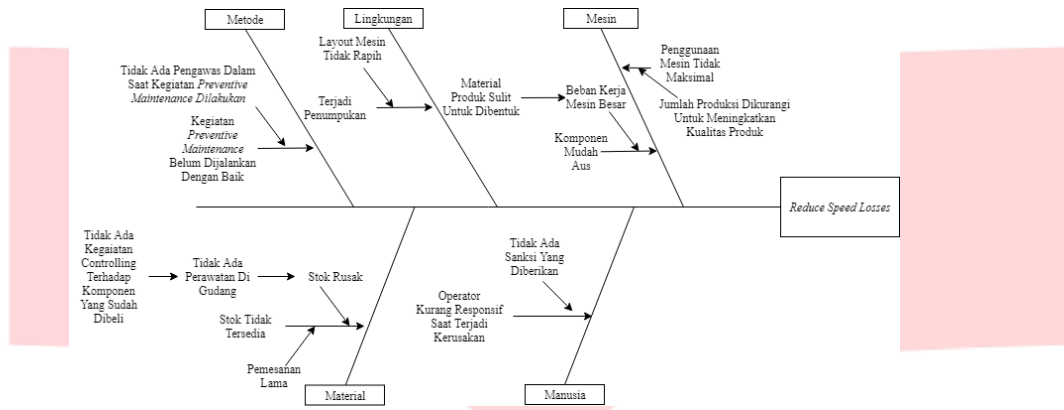
Gambar 3.2 Nilai Six big losses

Jadi dari hasil *six big losses* berikut urutan losses dari terbesar ke terkecil

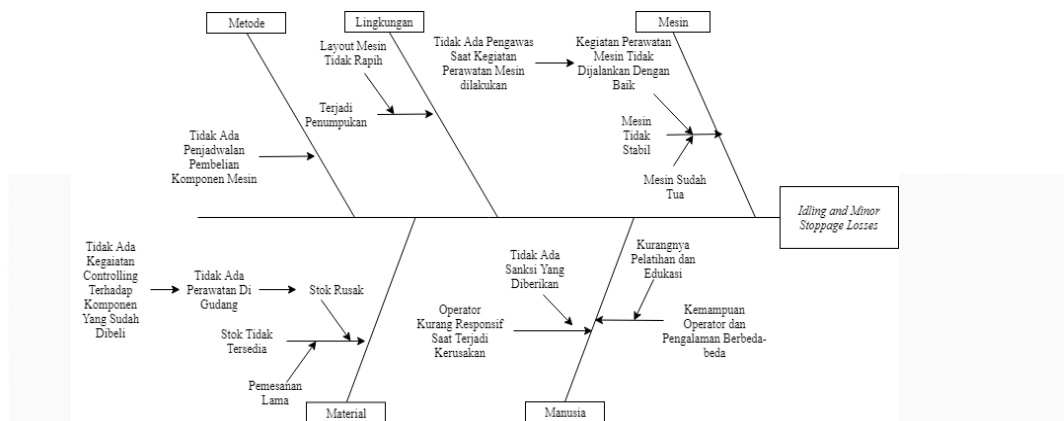
1. *Reduce Speed Losses* :36,00%
2. *Idling and Minor Stoppages Losses* :36,00%
3. *Setup and Ajusment Losses* :16,00%
4. *Equipment Failure Losses* : 6,00%
5. *Defect Losses* : 5,00%
6. *Start-up Losses* : 0,00%

3.3 Fish Bone

Analisis dengan diagram *fishbone* yang dilakukan untuk *reduce speed losses* dan *idling minor and stoppage losses* untuk dapat mengetahui sebab akibat dari *reduce speed losses* dan *idling minor and stoppage losses*. Berikut merupakan hasil diagram *fishbone* dari faktor *reduce speed losses* dan *idling minor and stoppage losses*:



Gambar 3.3 Fish Bone dari faktor Reduce Speed Losses



Gambar 3.4 Fish Bone dari faktor Idling and Minor Stoppage Losses

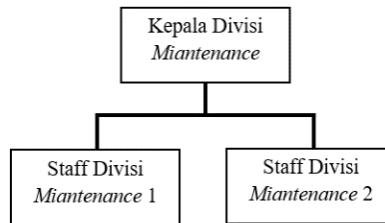
Dari analisis *fishbone* yang dilakukan pada faktor *reduce speed losses* dan *idling and minor and stoppage losses* dapat diketahui terdapat 4 faktor pengaruh terhadap *reduce speed losses* dan *idling and minor and stoppage losses* yaitu, operator, mesin, material dan lingkungan.

3.4 Total Productive Maintenance (TPM)

Pada analisis *total productive maintenance* (TPM) berdasarkan hasil yang didapatkan pada diagram *fishbone* dilakukan analisis terhadap 4 pilar yaitu *autonomous maintenance*, *quality maintenance*, *education and training* dan *planned maintenance*. Dari hasil terhadap 4 pilar diberikan 3 usulan untuk dapat meningkatkan efektivitas dan performansi mesin.

3.4.1 Usulan Total Productive Maintenance (TPM) 1

Usulan yang pertama diberikan kepada perusahaan adalah membuat divisi *maintenance* yang baru pada perusahaan dengan *jobdesk* yang baru.



Gambar 3.5 Struktur Divisi Maintenance

Berikut merupakan *jobdesk* usulan yang diberikan kepada perusahaan:
 Kepala divisi *maintenance*:

1. Bertanggung jawab untuk memastikan mesin dapat selalu dalam kondisi yang baik.
2. Bertanggung jawab untuk memastikan seluruh komponen mesin dalam kondisi yang baik.
3. Bertanggung jawab untuk seluruh kegiatan perbaikan yang dilakukan.
4. Bertanggung jawab untuk melakukan *controlling* ketika sedang dilakukan proses perbaikan.
5. Bertanggung jawab untuk melakukan *controlling* terhadap pembelian komponen mesin dalam kondisi yang baik.
6. Bertanggung jawab untuk melakukan *controlling* ketika dilakukan *planned maintenance*.
7. Melakukan koordinasi dengan divisi pembelian atau *supply* untuk memastikan komponen yang dibeli oleh perusahaan dalam kondisi yang bagus dan datang tepat waktu.
8. Merekap seluruh data kerusakan yang terjadi selama satu tahun.

Staff maintenance:

1. Bertanggung jawab untuk memperbaiki bila ada mesin yang rusak.
2. Bertanggung jawab untuk memastikan mesin dapat selalu dalam kondisi yang baik.
3. Melaporkan dengan segera kepada atasan jika mesin mengalami kerusakan.
4. Mencatat segala bentuk kerusakan yang dialami oleh mesin.

3.4.2 Usulan Total Productive Maintenance (TPM) 2

Usulan kedua yang diberikan kepada perusahaan adalah membuat lembar pencatatan kerusakan untuk dapat mengevaluasi kinerja mesin selama setahun. Berikut merupakan usulan lembar pencatatan kerusakan:

PT Smart Teknik Utama		Lembar Pencatatan Kerusakan Mesin Bor Frizz									Tahun:	
No	Nama Part/Mesin	Stop			Perbaikan			Start			Selisi Waktu Perbaikan	Keterangan
		Tanggal	Pukul	Satuan (Jam)	Tanggal	Pukul	Satuan (Jam)	Tanggal	Pukul	Satuan (Jam)		
1												
2												
3												
Total												

Gambar 3.6 Usulan Lembar Pencatatan Kerusakan

3.4.3 Usulan Total Productive Maintenance (TPM) 3

Usulan ketiga yang diberikan kepada perusahaan membuat lembar *controlling preventive maintenance* untuk dapat meningkatkan kedisiplinan operator dalam melakukan *preventive maintenance*. Berikut merupakan usulan lembar *controlling preventive maintenance*:

PT Smart Teknik Utama		Controlling Preventive Maintenance Bor Frizz						
No	Preventive Maintenance			Waktu pemeliharaan		Dilakukan Oleh	Diawasi Oleh	Keterangan
	Pembersihan	Pengisian <i>coolant</i>	Inspeksi	Tanggal	Pukul			
1						Operator Mesin	Staff Maintenance	
2								
3								
Total								

Gambar 3.7 Usulan Lembar Controlling Preventive Maintenance

4 Kesimpulan

Nilai *overall equipment effectiveness* OEE mesin bor frizz pada tahun 2016-2018 yaitu, *availability* 87%, *performance rate* 77%, dan *rate of quality* 95%. Berdasarkan JIPM untuk kesimpulan OEE perusahaan tidak memenuhi standar JIPM 85% yang dimana untuk nilai OEE sistemnya adalah 63% saja, sedangkan nilai *six big losses* yaitu *idling and minor stoppages* 36%, *reduce speed losses* 36%, *defect losses* 6%, *equipment failure* 5%, *setup and adjustment* 16%, dan *Start-up Losses* 0,00%. Dari hasil OEE dan *six big losses* dapat diambil kesimpulan bahwa mesin memiliki performansi yang kurang bagus, dikarenakan tidak sesuai dengan standar KPI pada JIMP dan memiliki faktor *reduce speed losses* dan *idling minor and stoppage losses* paling tinggi.

Maka dari itu dilakukan analisis dengan *total productive maintenance* yang menekankan terhadap 4 pilar yaitu *autonomous maintenance*, *quality maintenance*, *education and training* dan *planned maintenance*. Dari analisis yang dilakukan terhadap 4 pilar tersebut diberikan usulan untuk dapat meningkatkan efektivitas dan performansi mesin. Usulan yang diberikan berupa divisi *maintenance* yang baru beserta dengan *jobdesk* yang baru, lembar pencatatan kerusakan mesin, lembar *controlling preventive maintenance* mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahuja, I., & Khamba, J. (2008). International Journal of Quality & Reliability Management Emerald Article: Total productive maintenance: literature review and directions. *literature review and directions*, 709-756.
- [2] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di PT KSM, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. April, pp. 7–11, 2015.
- [3] Borris, S. (2006). TPM Proven strategies and techniques to keep equipment running at peak efficiency..
- [4] Nakajima, Y., Murata, M., Watanabe, F., Niki, K., & Homma, S. (1998)
- [5] Barabady, J., & Kumar, U. (2005). Improvement of System Availability Using Reliability and Maintainability Analysis. *Emeraldinsight*.
- [6] Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, N. (2016). USULAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN KOMORI LS440 DENGAN MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM II) DAN RISK BASED MAINTENANCE (RBM) DI PT ABC. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri* , 31-37.
- [7] Ebeling, C. E. (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Singapore. *The Mc-Graw-Hill Companies Inc*.
- [9] Eliyus, A. R., Alhilman, J., & Sutrisno . (2014). ESTIMASI BIAYA MAINTENANCE DENGAN METODE MARKOV CHAIN DAN PENENTUAN UMUR MESIN SERTA JUMLAH MAINTENANCE CREW YANG OPTIMAL DENGAN METODE LIFE CYCLE COST (STUDI KASUS: PTTOA GALVA). *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, 48-54.
- [10] Tsarouhas, P. (2007). Implementation of total productive maintenance in food industry: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/13552510710735087>.
- [11] IVARA, C., Al, W., & Ron, T. (2005). KEY PERFORMANCE INDICATORS Measuring and Managing the Maintenance Function . *KEY PERFORMANCE INDICATORS* , 8-10.
- [12] Kirana, U. T., Alhilman, J., & Sutrisno. (2016). PERENCANAAN KEBIJAKAN PERAWATAN MESIN CORAZZA FF100 PADA LINE 3 PT XYZ DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, 47-53.
- [13] Like, S. S., S.Teks, R. E., Okin, D. B., & Ali, S. B. (1973). *Teknologi Pertenunan*. Bandung: Institut Teknologi Tenun Bandung.
- [14] Marquez, A. (2007). The Maintenance Management Framework.
- [15] Moubray, J. (1996). Reliability Centered Maintenance II. *Butterworth-Heinemann,Ltd*.
- [16] Nakajima, & Seiichi. (1988). Introduction To Total Productive Maintenance. *Tokyo: Productivity Press Inc*.

- [17] Sudradjat, A. (2011). Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri. *Retika Aditama*.
- [18] Weber, A., & Thomas, R. (2005). Key Performance Indicators: Measuring and Managing the Maintenance Function, Ivora Corporation. *Scholarly Articles*.

