

Perancangan dan Penerapan *Lean Maintenance Management* di PT. Hapete Surabaya

Stevan Wijaya, Dina Natalia Prayogo, Mochammad Arbi Hadiyat

Jurusan Teknik Industri / Fakultas Teknik

sutevan_14@yahoo.com

Abstrak –PT. Hapete merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur benang dan tali. PT. Hapete memiliki tiga divisi produksi yaitu divisi *Doubling*, *Twisting*, dan *Winding*. Divisi *Winding* dipilih menjadi fokus penelitian karena memiliki frekuensi kerusakan mesin terbesar di perusahaan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jadwal perawatan yang optimal yang mempertimbangkan umur komponen dan biaya serta merancang sistem *lean maintenance* untuk meminimasi *waste* dan meningkatkan efisiensi kegiatan perawatan. Hasil perhitungan *maintenance value stream map* (MVSM) menunjukkan kisaran *maintenance efficiency* sebelum dan setelah perbaikan berturut-turut adalah 19-35% dan 27–42% dengan rata-rata peningkatan sebesar 7,89%. Peningkatan *maintenance efficiency* dipengaruhi oleh penerapan 5S pada bengkel dan gudang *sparepart*. Kondisi bengkel dan gudang yang rapi disertai petunjuk yang jelas memudahkan pekerja untuk mencari alat atau komponen yang dibutuhkan sehingga mempersingkat *delay* yang terjadi selama perbaikan mesin dilakukan. Untuk perhitungan *overall equipment effectiveness* (OEE) menunjukkan rata-rata nilai OEE sebelum dan setelah perbaikan berturut-turut adalah 77,78 % dan 84,74% dengan rata-rata peningkatan sebesar 6,96%. Peningkatan nilai OEE dipengaruhi oleh penerapan instruksi kerja dan standar yang baru oleh operator dan mekanik, perawatan mandiri yang dilakukan operator, serta pelatihan yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan operator dalam mengoperasikan mesin. Perbaikan tersebut dapat meningkatkan performa pekerja dan mesin sehingga berdampak pada peningkatan efektifitas.

Kata kunci: *Lean Maintenance Management*, *Total Productive Maintenance* (TPM), *Preventive Maintenance* (PM), divisi *Winding*

Abstract – PT. Hapete is a company engaged in manufacturing yarn and rope. PT. Hapete has three production divisions, namely *Doubling*, *Twisting* and *Winding*. *Winding* division been the focus of research because it has the largest engine damage frequency in the company. The purpose of this study is to determine the optimal maintenance schedule that takes into age of the components and cost as well as designing lean maintenance systems to minimize waste and improve the efficiency of maintenance activities. The result of the calculation of maintenance value stream map (MVSM) shows the range of maintenance efficiency before and after repairs are respectively 19-35% and 27-42% with an average increase of 7.89%. Increased maintenance efficiency is affected by the implementation of 5S in the workshop and spare parts warehouse. Conditions workshop and warehouse

tidy with clear instructions make it easy for workers looking for a tool or component is needed, thus shortening the delay that occurs during engine repairs done. For the calculation of overall equipment effectiveness (OEE) shows the average value of OEE before and after repairs are respectively 77.78% and 84.74% with an average increase of 6.96%. Increasing the value of OEE is affected by the implementation of new work instructions and standards by operators and mechanics, autonomous maintenance by operators, as well as the training undertaken to improve the ability of the operator to operate the machine. Such repair can improve the performance of workers and machines that have an impact on increasing the effectiveness.

Keywords: *Lean Maintenance Management, Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance (PM), Winding division*

PENDAHULUAN

Semakin canggihnya teknologi permesinan membuat proses produksi menjadi lebih mudah, murah, cepat, efektif, dan efisien. Hal inilah yang membuat banyak perusahaan memilih untuk menggunakan mesin pada rantai produksinya. Isu tersebut tidak lepas dari pentingnya manajemen pemeliharaan yang baik diterapkan di perusahaan.

Dalam menentukan jadwal pemeliharaan mesin, PT. Hapete berpedoman pada standar waktu operasi yang telah ditentukan pada buku petunjuk mesin. Setelah diterapkan sekian waktu, jadwal yang digunakan mulai tidak sesuai dengan kondisi aktual ditandai dengan meningkatnya jumlah produk cacat dan frekuensi kerusakan mesin. Selain itu, setiap terjadi kerusakan mesin tidak diidentifikasi penyebabnya sehingga upaya perbaikan yang diberikan masih *trial and error* dan tidak efisien secara waktu. Hal tersebut menimbulkan kerugian karena proses produksi terhenti dan banyak menimbulkan pemborosan (*waste*) yang berakibat pada menurunnya availabilitas, kualitas proses dan produk, serta timbulnya biaya-biaya baru.

Penerapan konsep *lean maintenance* dirasa cocok untuk mengatasi masalah di perusahaan. *Lean maintenance* merupakan manajemen perawatan yang memperhatikan faktor *waste* yang timbul dari tindakan perbaikan akibat kerusakan. Inti dari konsep ini adalah bagaimana melakukan perawatan secara optimal dengan input seminimal mungkin. Hal mendasar yang membedakannya dengan *lean manufacturing* adalah subjek analisisnya yang fokus untuk

meminimasi *waste* pada kegiatan perbaikan mesin dengan penyusunan *maintenance value stream map* (MVSM), 5S, dan *visual management*.

METODE PENELITIAN

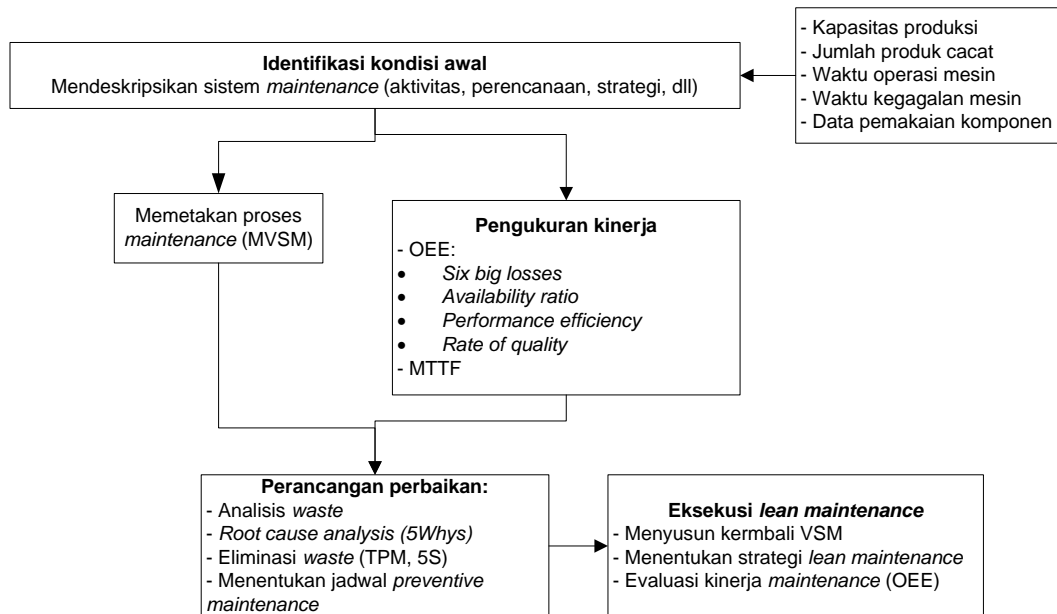
Untuk menerapkan *lean maintenance* diperlukan gambaran umum mengenai sistem *maintenance* yang ada saat ini. Identifikasi kondisi awal dilakukan dengan mendeskripsikan aktivitas dan perencanaan *maintenance* melalui penyusunan MVSM dan perhitungan kinerja (OEE, *mean time to failure* (MTTF)). Langkah pertama dilakukan pengumpulan data yaitu dengan menentukan masalah dan mesin kritis yang akan diambil datanya. Penentuan masalah dan mesin kritis dilakukan dengan ketentuan termasuk 80% dari total frekuensi dan datanya lebih dari sama dengan 18. Ada enam masalah kritis dan tiga mesin kritis yang terpilih. Setelah objek ditentukan, dilakukan pengambilan data dengan beberapa cara, antara lain pengamatan langsung secara visual, menggali informasi dari narasumber (PIC terkait *maintenance*), dan dari data masa lalu yang tercatat di perusahaan. Data yang diambil berupa prosedur kegiatan pemeliharaan dan servis mesin, data produksi (jumlah produksi, produk cacat, dan waktu operasi mesin), daftar pemakaian dan jadwal penggantian komponen, serta data waktu kerusakan mesin.

Setelah semua data terkumpul, dilakukan pengolahan data dan analisis hasil. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Memetakan kegiatan *maintenance* setiap masalah kritis dalam MVSM berdasarkan data rata-rata waktu kegiatan perbaikan dan menghitung *maintenance efficiency*
2. Melakukan perhitungan OEE berdasarkan data produksi dan MTTF berdasarkan data waktu kerusakan komponen.
3. Menentukan jadwal *maintenance* dengan memperhitungkan umur komponen (MTTF) dan biaya
4. Melakukan analisis *root failure cause* dengan metode *5Whys* untuk mengetahui penyebab utama tiap masalah
5. Merancang usulan perbaikan berdasarkan analisis penyebab menggunakan metode TPM dan 5S serta melakukan implementasi usulan perbaikan yang diberikan.

6. Mengevaluasi hasil perbaikan dengan menyusun kembali MVSM dan menghitung OEE setelah perbaikan.

Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan *maintenance efficiency* dan OEE sebelum dan sesudah perbaikan sehingga dapat diketahui sejauh mana usulan perbaikan dapat mengatasi masalah perusahaan.



Gambar 1. Kerangka Berpikir (Sherif-Mostafa et al., 2015, hal. 439)

Setelah hasil didapat maka dapat disimpulkan hal-hal apa saja yang diperoleh dari penelitian untuk membuktikan bahwa tujuan penelitian telah tercapai. Selain itu, hasil penelitian juga dapat dijadikan saran atau rekomendasi bagi perusahaan untuk perbaikan lebih lanjut dalam hal sistem pemeliharaan kedepannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Jadwal *Preventive Maintenance*

Berdasarkan masalah kritis, ada 5 (lima) komponen yang ditentukan jadwal *maintenancenya* yaitu *gear 70*, *gear 68*, keramik, *sock-guide plate*, dan *scissor*. Jadwal ditentukan berdasarkan interval penggantian komponen yang optimal (t_p optimal) dengan biaya terendah dan mempertimbangkan umur

komponen *mean time to failure* (MTTF). Berikut hasil perhitungan MTTF menggunakan *software* Minitab:

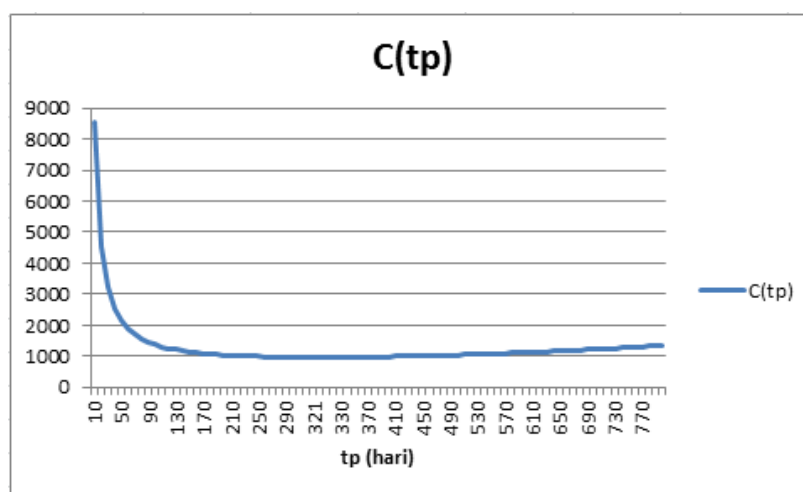
Tabel 1. Hasil Minitab MTTF

No	Komponen	Distribusi	MTTF (hari)
1	<i>Gear 70</i>	Weibull	521,579
2	<i>Gear 68</i>	Eksponensial	316,957
3	Keramik 1	Eksponensial	309,482
4	Keramik 2	Eksponensial	109,559
5	<i>Sock-Guide plate</i>	Eksponensial	220,849
6	<i>Scissor</i>	Eksponensial	196,944

Interval penggantian komponen yang optimal ditentukan berdasarkan biaya penggantian komponen per satuan waktu $C(t_p)$ terkecil. Perhitungan ini berguna untuk menentukan jadwal *maintenance* dengan biaya seminimal mungkin. Nilai MTTF pada pembahasan sebelumnya digunakan sebagai batasan dimana t_p optimal tidak boleh melebihi MTTF. Apabila hal itu terjadi maka nilai MTTF yang dijadikan sebagai t_p optimal.

Tabel 2. Contoh *Output* Excel *Gear 70*

t_p	$R(t_p)$	ATAS	BAWAH	$C(t_p)$
10	0,980758	83873,35	9,807766	8551,728
320	0,537006	167433,6	171,9711	973,6145
321	0,535964	167629,9	172,1742	973,6063
322	0,534924	167825,8	172,3758	973,604
323	0,533885	168021,3	172,576	973,6075
325	0,531815	168411,2	172,9721	973,632
400	0,4597	181990,7	184,0629	988,742



Gambar 2. Grafik $C(t_p)$ *Gear 70*

Tabel 3. Hasil t_p optimal

No	Komponen	t_p optimal (hari)	$C(t_p)$ (rupiah)
1	<i>Gear 70</i>	322	973,604
2	<i>Gear 68</i>	190	1660,379
3	Keramik 1	210	1330,598
4	Keramik 2	75	3701,337
5	<i>Sock-Guide plate</i>	152	3281,643
6	<i>Scissor</i>	110	2655,849

Setelah mengetahui t_p optimal dapat ditentukan jadwal penggantian komponen yaitu dengan menambahkan t_p optimal pada tanggal kerusakan terakhir tiap komponen di tiap mesin. Penentuan jadwal juga harus memperhitungkan jumlah hari libur selama periode tersebut. Berikut jadwal perawatan yang telah ditentukan:

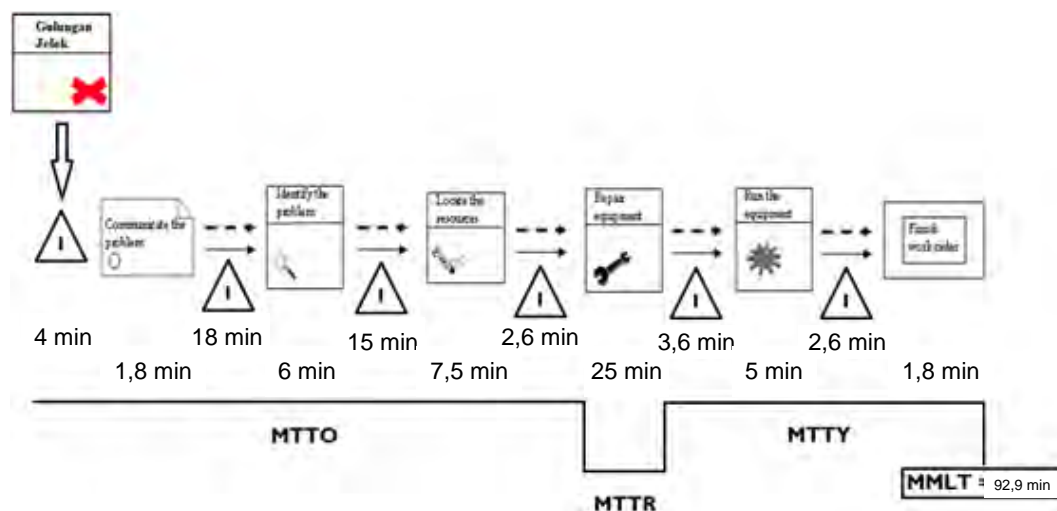
Tabel 4. Jadwal *Maintenance* Mesin

Mesin	<i>Spindle</i>	Komponen				
		<i>Gear 70</i>	<i>Gear 68</i>	Keramik	<i>Sock-Plate</i>	<i>Scissor</i>
W28	1	-	-	04/02/2017	13/06/2017	07/01/2017
	3	-	-	18/01/2017	05/02/2017	16/04/2017
	4	-	-	-	10/05/2017	19/01/2017
	6	-	-	06/02/2017	16/01/2017	14/04/2017
W35	1	26/01/2018	10/04/2017	20/03/2017	18/02/2017	12/04/2017
	2	18/01/2017	-	-	16/02/2017	12/03/2017
	3	31/08/2017	-	-	26/04/2017	14/01/2017
	4	14/10/2017	17/04/2017	16/03/2017	26/03/2017	10/05/2017
W34	1	14/07/2017	18/02/2017	10/03/2017	07/02/2017	24/01/2017
	2	29/06/2017	12/02/2017	29/01/2017	19/02/2017	08/03/2017
	3	13/04/2017	02/04/2017	19/01/2017	05/02/2017	04/01/2017
	4	-	-	-	24/02/2017	-

2. Penyusunan MVSM

Penyusunan MVSM didasarkan pada data waktu kegiatan perbaikan yang didapat dari form waktu perbaikan. Data tersebut diolah untuk menentukan nilai rata-ratanya, kemudian dikelompokkan ke dalam *mean time to organize* (MTTO), *mean time to repair* (MTTR), dan *mean time to yield* (MTTY). Setelah semua nilai rata-rata dijumlah akan didapat nilai *mean maintenance lead time* (MMLT)

sehingga dapat dihitung besarnya efisiensi kegiatan perbaikan yang dilakukan. Berikut contoh MVSM dan hasil perhitungan *maintenance efficiency*:



Gambar 3. Contoh MVSM gulungan jelek

Tabel 5. *Maintenance waste* dan *Maintenance efficiency*

Rasio/Masalah	Gulungan jelek	Cone tidak pas	Keramik pecah	Tidak bisa <i>doffing</i>	Tidak bisa menjepit	Gear bunyi
<i>Maintenance waste</i>	73,1%	68,45%	80,39%	77,22%	64,97%	67,44%
<i>Maintenance efficiency</i>	26,9%	31,55%	19,61%	22,78%	35,03%	32,56%

Tabel diatas menunjukkan persentase *maintenance waste* berkisar antara 64-80% dengan rata-rata 71,93% sedangkan *maintenance efficiency* berkisar antara 19-35% dengan rata-rata 28,07%. Persentase *maintenance waste* tertinggi terjadi pada masalah keramik pecah, diikuti masalah tidak bisa *doffing* dan gulungan jelek. Keenam MVSM menunjukkan pola yang sama dimana persentase MTTO jauh lebih besar daripada MTTR. Hal ini mengakibatkan nilai MTTR tidak sebanding dengan MMLT sehingga *maintenance waste* menjadi tinggi.

Waktu terlalu lama MTTO terjadi pada *delay* antara satu aktivitas ke aktivitas lain. *Delay* sendiri dapat diakibatkan oleh tiga faktor, antara lain menunggu operator mesin, menunggu mekanik, dan tidak tersedianya alat atau suku cadang. Dalam kasus ini, *delay* terlalu lama terjadi pada waktu sebelum pemeriksaan mesin dan pengambilan komponen yang disebabkan tidak tersedianya alat atau komponen. Hal ini disebabkan staf di gudang *spare part* membutuhkan waktu yang lama untuk mencari komponen yang dibutuhkan karena kondisi rak penyimpanan yang

tidak rapi. Banyak barang diletakkan di jalan menuju rak sehingga menyulitkan pekerja untuk mengakses rak. Selain itu, label keterangan komponen diletakkan diatas rak tinggi sehingga pekerja harus melihat keatas dulu untuk mengetahui letak komponen yang dibutuhkan. Terkadang barang di rak tidak sesuai dengan label yang tertera, hal ini menandakan peletakan barang di rak tidak benar.

3. Perhitungan OEE

Berdasarkan rekomendasi dari *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*, nilai standar untuk tiap rasio OEE adalah sebagai berikut:

- *Availability ratio* $\geq 90\%$
- *Performance efficiency* $\geq 95\%$
- *Rate of quality* $\geq 99\%$
- $OEE = 90\% \times 95\% \times 99\% = 85\% \rightarrow OEE \geq 85\%$

Bila nilai OEE mencapai 85% atau lebih maka dapat dikatakan efektifitas mesin/alat secara keseluruhan cukup baik. Namun apabila kurang dari 85% maka perlu dilakukan evaluasi dan peningkatan baik dari segi keandalan mesin/alat, kemampuan tenaga kerja, maupun manajemen *maintenance* perusahaan. Berikut nilai rata-rata untuk tiap rasio dari bulan Maret – Juni:

Tabel 6. Rata-rata Rasio

Rasio/Mesin	Rata-rata Rasio (%)		
	W28	W34	W35
<i>Availability Ratio</i>	88,038	92,163	89,842
<i>Performance Efficiency</i>	86,499	90,005	87,795
<i>Rate of Quality</i>	98,255	97,663	97,711
OEE	74,981	81,090	77,275

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai semua rasio cenderung dibawah standar. Nilai OEE masih dibawah standar terutama dipengaruhi oleh rendahnya *performance efficiency*. Tinggi rendahnya *performance efficiency* dipengaruhi oleh *reduce speed losses* dan *idle losses*. Gangguan mesin yang menyebabkan mesin *idle* (berhenti sementara) berpengaruh besar terhadap performa mesin. Gangguan mesin yang sering terjadi antara lain, benang yang putus saat proses

berjalan, adanya komponen yang rusak, dan *setting* yang kurang pas. Hal-hal tersebut dapat ditekan dengan dilakukannya pemeliharaan rutin serta pelatihan tentang cara *setting* yang benar untuk operator dan mekanik.

4. *Root Failure Cause Analysis (RFCA)*

Setelah mengidentifikasi kondisi awal dan mengetahui masalah yang dihadapi, diperlukan analisis lebih lanjut untuk menemukan akar dari permasalahan tersebut. Hal ini perlu diperhatikan karena bila suatu masalah diselesaikan tanpa ada upaya untuk meminimasi/menghilangkan akar masalahnya maka tindakan penyelesaian yang dilakukan tidak efektif dan masalah tersebut akan timbul lagi. Metode yang digunakan untuk RFCA adalah *5Whys Analysis*, konsepnya adalah dengan menanyakan penyebab dari suatu masalah berulang kali sampai mendapatkan akar masalahnya.

Tabel 7. 5 *Whys Analysis*

Jenis Kerusakan	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
Gulungan jelek	Penjepit (<i>tension</i>) terlalu kencang/kendor	<i>Setting</i> komponen kurang pas	Pekerja mengira-ngira <i>setting</i> yang pas secara subjektif (tidak ada standar)	
<i>Gear</i> bunyi	<i>Setting gear</i> terlalu rapat/longgar			
<i>Cone</i> tidak pas	<i>Setting</i> penjepit berubah akibat terdesak <i>cone</i> (<i>cone</i> yang terpasang sering menumpuk)	Desain <i>cone</i> tidak sama sehingga nyangkut	<i>Cones</i> dari <i>supplier</i> tidak sesuai dengan spesifikasi yang diminta perusahaan	<i>Supplier</i> tidak konsisten dalam menjaga kualitas produknya
Tidak bisa menjepit				
Keramik pecah	Terbentur gulungan benang	Benang terlilit pada <i>cone</i> sehingga <i>cone</i> ikut tersentak saat proses	Operator tidak benar menyambung benang pada proses sebelumnya	Kurangnya <i>skill</i> /pengalaman operator (khususnya operator baru) dalam menyambung benang
Tidak bisa <i>doffing</i>	Sensor <i>counter</i> tidak berfungsi	Sensor kotor terhalang sisa oli, debu, dsb	Minyak yang digunakan untuk benang mengembun ke komponen lain sehingga debu/kotoran mudah menempel	Sistem <i>maintenance</i> (terutama aspek kebersihan) mesin/alat kurang optimal

5. Rancangan Usulan Perbaikan dan Implementasi

Sebelum tahap implementasi, perlu dibuat perencanaan secara keseluruhan mengenai waktu/kapan perbaikan akan dilaksanakan. Perencanaan yang dimaksud merupakan jadwal implementasi yang dibuat dalam bentuk *timeline*.

Tabel 8. *Timeline* Pelaksanaan Perbaikan

Agustus				September				Oktober					
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	
Tahap Perancangan Perbaikan				Tahap Implementasi									Tahap Evaluasi
Pembuatan IK 'menyambung benang'				Pengenalan Awal				On Job Training					Evaluasi
Pembuatan standar perawatan harian & servis								Penggunaan form <i>checklist</i>					
Pembuatan standar <i>setting gear & tension</i>								Penerapan IK yang baru					
Pembuatan IK operator & mekanik yang baru													

Berikut perbaikan-perbaikan yang dilakukan dengan menerapkan konsep *lean maintenance*:

- Perawatan yang dilakukan operator

Perawatan mandiri merupakan salah satu bagian TPM dimana perawatan tidak hanya menjadi tanggungjawab bagian *maintenance*. Kegiatan ini memungkinkan operator turut berperan aktif dalam merawat mesin. Dengan melakukan perawatan mandiri diharapkan frekuensi dan tingkat kerusakan mesin dapat ditekan karena kerusakan bisa dideteksi dini oleh operator. Perawatan mandiri yang dilakukan berupa pembersihan dan pemeriksaan harian terhadap mesin. Kegiatan disesuaikan dengan kemampuan operator saat ini sehingga memungkinkan untuk dilakukan operator secara mandiri. Untuk memastikan perawatan mandiri terlaksana, digunakan *form checklist* perawatan mesin harian dan panduan gambar mesin untuk operator.

- Perawatan yang dilakukan mekanik

Perawatan mesin (servis) yang dilakukan mekanik harus dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal perawatan. Hal ini bertujuan untuk menjaga mesin tetap dalam kondisi baik untuk beroperasi serta mencegah terjadinya

kerusakan yang lebih berat. Untuk memastikan perawatan terlaksana dengan baik digunakan *form checklist* perawatan mesin untuk mekanik.

- Standar pemeriksaan kondisi mesin

Pemeriksaan kondisi mesin merupakan tanggungjawab operator dan mekanik. Operator melakukan pemeriksaan awal terhadap mesin setiap sebelum memulai *shift* kerja, sedangkan mekanik melakukan pemeriksaan sesuai jadwal servis. Agar pemeriksaan dapat dilakukan dengan benar, maka diperlukan standar pemeriksaan mesin yang berisi cara/metode pemeriksaan untuk tiap komponen.

- Pelaksanaan 5S pada bengkel dan gudang *sparepart*

MVSM menunjukkan bahwa *delay* merupakan *waste* terbesar yang mempengaruhi rendahnya nilai efisiensi *maintenance*. Waktu *delay* yang besar disebabkan karena kegiatan mencari alat/komponen yang memakan waktu lama. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi bengkel dan gudang *sparepart* yang tidak rapi baik pada rak penyimpanan maupun jalan disekitar rak.

Di bengkel, perkakas tidak tertata pada tempat yang benar sehingga menyulitkan mekanik ketika mencari perkakas yang dibutuhkan. 5S diterapkan dengan menata kembali perkakas-perkakas pada tempatnya sehingga tidak tercampur satu sama lain dan menyingkirkan barang-barang yang tidak diperlukan, seperti bekas mur, batang besi, kertas gosok, dll. Rak tempat perkakas juga sudah dilengkapi dengan gambar dan nomor perkakas sehingga mudah untuk meletakkan kembali perkakas di tempat yang benar setelah dipakai.

Di gudang *sparepart*, kondisi rak maupun jalan disekitar rak kotor dan tidak rapi. Pada rak penyimpanan banyak label rak yang tidak sesuai dengan barang yang disimpan karena pekerja sering memindah posisi rak tanpa memperbaharui label rak tersebut. Jalan disekitar rak banyak diletakkan barang-barang sehingga menyulitkan pekerja ketika akan mengakses rak. Penerapan 5S yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menata kembali *sparepart* sesuai dengan label yang benar

- Mengeluarkan dan menyingkirkan barang-barang yang diletakkan disekitar jalan yang tidak perlu
- Memberi tanda batas pada sisi rak agar tidak digunakan untuk meletakkan benda lain yang bukan *sparepart*
- Membuat denah gudang *sparepart* beserta keterangannya yang jelas sehingga memudahkan pekerja untuk mencari *sparepart* dengan cepat

6. Hasil Perhitungan dan Analisis MVSM Sesudah Perbaikan

Berikut hasil perhitungan dan perbandingan persentase *maintenance waste* dan *maintenance efficiency* sebelum dan sesudah perbaikan:

Tabel 9. Perbandingan *Maintenance Waste* dan *Efficiency*

Rasio/Masalah		Gulungan jelek	Cone tidak pas	Keramik pecah	Tidak bisa <i>doffing</i>	Tidak bisa menjepit	<i>Gear</i> bunyi
<i>Maintenance Waste</i>	Sebelum perbaikan	73,1%	68,45%	80,39%	77,22%	64,97%	67,44%
	Setelah perbaikan	65,96%	59,03%	69,51%	72,1%	57,69%	59,93%
<i>Maintenance Efficiency</i>	Sebelum perbaikan	26,9%	31,55%	19,61%	22,78%	35,03%	32,56%
	Setelah perbaikan	34,04%	40,97%	30,49%	27,9%	42,31%	40,07%

Berdasarkan perhitungan MVSM setelah perbaikan, terlihat bahwa *maintenance waste* untuk tiap masalah menurun jika dibandingkan dengan sebelum perbaikan. Menurunnya *maintenance waste* secara otomatis berpengaruh pada peningkatan efisiensi. Nilai *maintenance waste* sebelum perbaikan berkisar antara 64-80%, sedangkan setelah perbaikan berkisar antara 57-72%. Rata-rata penurunan *waste* yang terjadi sebesar 7,89%.

Penurunan *maintenance waste* terjadi karena nilai MTTO yang merupakan faktor paling berpengaruh pada tingginya *waste* mengalami penurunan pada tiap masalah. Hal ini dipengaruhi waktu *delay* yang lebih singkat saat sebelum pemeriksaan mesin dan pengambilan *sparepart*. Namun, rata-rata nilai MTTO dan MTTY masih mendominasi sebesar 64% dari total waktu kegiatan *maintenance* (MMLT). Waktu terlama masih terjadi pada *delay* sebelum pemeriksaan mesin dan pengambilan *sparepart*. Hal ini menunjukkan pekerja masih kurang konsisten dalam menerapkan program 5S. Upaya peningkatan lebih lanjut yang dapat

dilakukan adalah adanya pengawasan (audit) secara berkala dari internal perusahaan untuk memastikan program 5S berjalan sesuai standar yang telah ditetapkan.

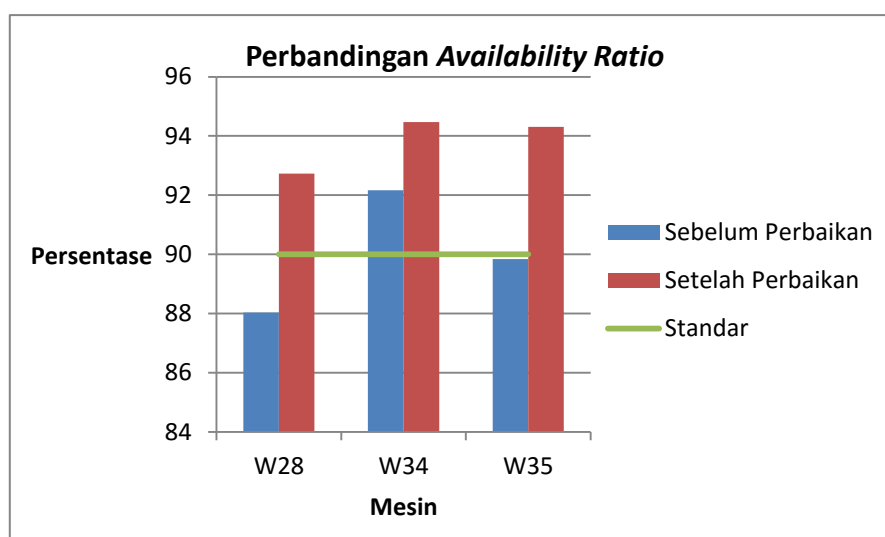
7. Hasil Perhitungan dan Analisis OEE Sesudah Perbaikan

Rata-rata nilai tiap rasio setelah perbaikan mengalami peningkatan dibandingkan sebelum perbaikan. Berikut nilai rata-rata tiap rasio setelah perbaikan:

Tabel 10. Rata-rata Rasio (setelah perbaikan)

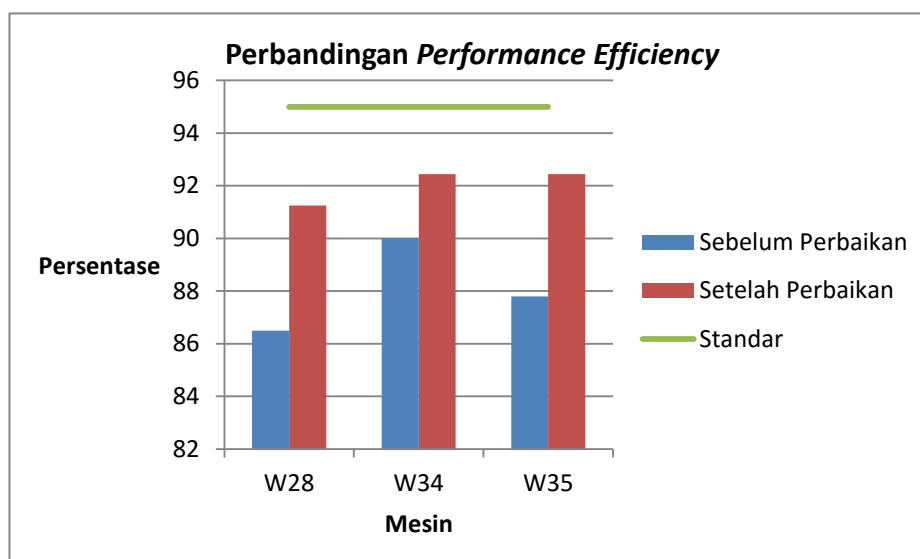
Rasio/Mesin	Rata-rata (%)		
	W28	W34	W35
<i>Availability Ratio</i>	92,725	94,475	94,311
<i>Performance Efficiency</i>	91,253	92,439	92,442
<i>Rate of Quality</i>	98,414	97,846	98,018
OEE	83,308	85,451	85,457

Dari tabel terlihat bahwa nilai *availability ratio* berkisar antara 92 – 94% dengan rata-rata sebesar 93,84%. Rata-rata nilai *availability ratio* sudah memenuhi standar sebesar 90%. Apabila dibandingkan dengan sebelum perbaikan, rata-rata nilai *availability ratio* meningkat sebesar 3,8%. Hal ini disebabkan karena nilai *breakdown losses* dan *setup losses* menurun yang menandakan bahwa frekuensi kerusakan dan lama waktu perbaikan mesin, serta lama waktu *setup* telah terminimasi.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Availability Ratio

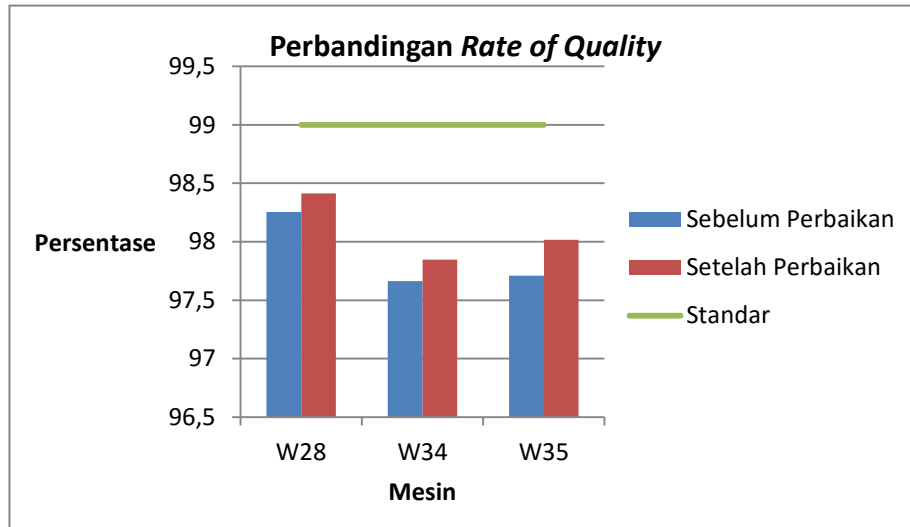
Untuk *performance efficiency*, nilai setelah perbaikan berkisar antara 91-92% dengan rata-rata sebesar 92,04%. Nilai ini meningkat dibandingkan sebelum perbaikan dengan rata-rata peningkatan sebesar 3,94%. Meskipun begitu, nilainya masih dibawah standar yaitu 95% sehingga diperlukan peningkatan sebesar 2,96% dari nilai saat ini agar memenuhi standar. Hal ini dipengaruhi oleh nilai *reduce speed losses* dan *idle losses* yang besar dimana kecepatan mesin dalam memproduksi masih belum mencapai target dan gangguan mesin yang mengakibatkan mesin berhenti sementara. Produktifitas pekerja dalam mengoperasikan mesin menjadi faktor utama yang mempengaruhi efisiensi. Upaya peningkatan lebih lanjut yang dapat dilakukan adalah pelatihan (*training*) dan evaluasi kinerja dengan tujuan meningkatkan kemampuan pekerja agar dapat mengoperasikan mesin lebih efisien.



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Performance Efficiency*

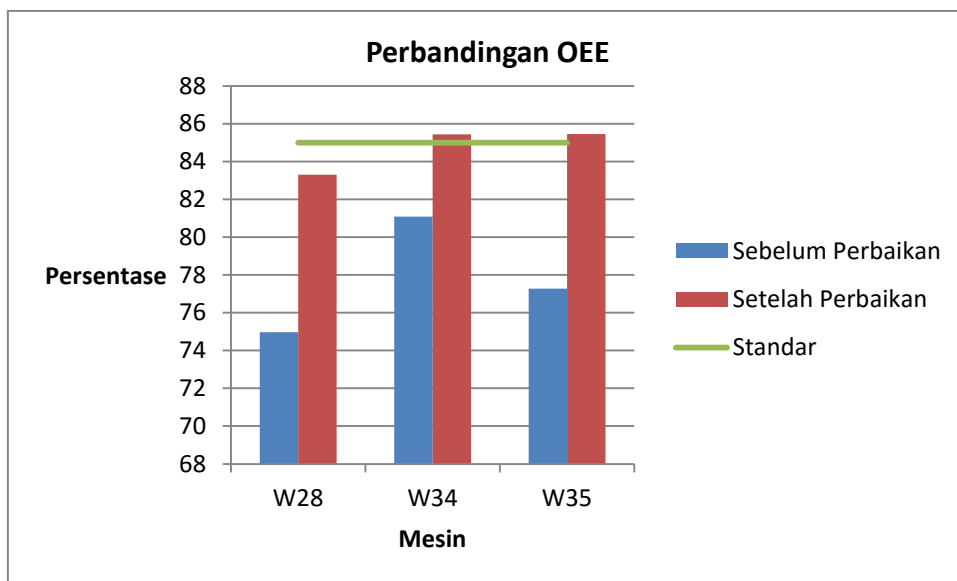
Nilai *rate of quality* setelah perbaikan berkisar antara 98% dengan rata-rata sebesar 98,09%. Nilai ini meningkat dibandingkan sebelum perbaikan dengan rata-rata peningkatan sebesar 0,22%. Peningkatan yang terjadi tidak signifikan sehingga nilai rata-rata *rate of quality* masih dibawah standar yaitu 99%, diperlukan peningkatan sebesar 0,91% untuk dapat memenuhi standar. Hal ini terjadi karena jumlah produk cacat (*defect losses*) masih besar. Besarnya jumlah produk cacat dipengaruhi oleh performa mesin yang belum optimal. Upaya perbaikan lebih lanjut dapat dilakukan dengan melakukan perawatan mesin secara berkala sehingga performa mesin selalu terjaga saat beroperasi. Dengan

menerapkan jadwal perawatan yang optimal diharapkan jumlah produk cacat dapat ditekan.



Gambar 6. Grafik Perbandingan *Rate of Quality*

Untuk nilai OEE menunjukkan hasil yang cukup baik dimana rata-rata nilai berkisar antara 85%. Peningkatan yang terjadi rata-rata sebesar 6,96% dari sebelum perbaikan. Nilai OEE semua mesin berada di atas standar kecuali untuk mesin W28 dengan nilai rata-rata sebesar 83,308%. Mesin W28 belum memenuhi standar disebabkan rendahnya *performance efficiency* sehingga perlu dilakukan peningkatan khususnya dalam hal produktifitas pekerja dengan melakukan pelatihan intensif dan penerapan jadwal perawatan mesin yang optimal.



Gambar 7. Grafik Perbandingan OEE

KESIMPULAN DAN SARAN

- **Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Jadwal perawatan mesin ditentukan berdasarkan interval penggantian komponen yang optimal (t_p optimal) dengan biaya terendah dan mempertimbangkan umur komponen *mean time to failure* (MTTF).
2. Jadwal perawatan mesin disusun untuk mesin dan komponen kritis, yaitu komponen *gear 70*, *gear 68*, keramik *grooved guide*, *sock-guide plate*, dan *scissor* untuk mesin W28, W34, dan W35.
3. Hasil perhitungan menunjukkan kisaran *maintenance efficiency* MVSM sebelum dan setelah perbaikan berturut-turut adalah 19-35% dan 27-42% dengan peningkatan efisiensi rata-rata sebesar 7,89%.
4. Gambar MVSM menunjukkan besarnya *delay* sebelum pemeriksaan mesin dan pengambilan *sparepart* menyebabkan efisiensi menjadi rendah. Besarnya *delay* diakibatkan waktu yang lama untuk menunggu mekanik saat mengambil *sparepart*, sehingga penerapan 5S pada gudang perlu ditingkatkan.
5. Hasil perhitungan menunjukkan rata-rata nilai OEE sebelum dan setelah perbaikan berturut-turut adalah 77,78 % dan 84,74% dengan peningkatan sebesar 6,96%.
6. Belum terpenuhinya standar OEE disebabkan oleh rendahnya nilai *performance efficiency*. *Performance efficiency* dapat ditingkatkan dengan adanya pelatihan intensif untuk meningkatkan kemampuan pekerja dan penerapan jadwal perawatan mesin yang optimal.
7. Usulan perbaikan yang diterapkan dapat dikatakan cukup berhasil meningkatkan efektifitas dan efisiensi manajemen perawatan di perusahaan secara keseluruhan.

- **Saran**

Adapun saran yang dapat menjadi pertimbangan perusahaan antara lain:

1. Perusahaan sebaiknya menerapkan jadwal perawatan yang telah dirancang pada penelitian ini untuk meningkatkan efektifitas mesin secara menyeluruh (OEE).
2. Perusahaan sebaiknya melakukan pengawasan (audit) secara berkala untuk memastikan perbaikan yang telah dilakukan tetap berjalan sesuai harapan, khususnya untuk penerapan 5S.
3. Perusahaan melakukan perluasan penerapan *lean maintenance* untuk divisi *Doubling* dan *Twisting* agar peningkatan yang berkelanjutan dapat dilakukan secara menyeluruh di perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, I.P.S. and Khamba, J.S., (2008), "*Total Productive Maintenance: literature review and directions*", *Internasional Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25 Iss 7 pp. 709-756.
- Alvira, D., Helianty, Y., and Prassetiyo, H., (2015), "*Usulan Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Tapping Manual dengan Meminimumkan Six Big Losses*", *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, No. 3, Vol. 3.
- Baluch, M., (2012), "*TPM and Lean Maintenance – A Critical Review*" *Journal of Contemporary Research in Business*, Vol. 4, No. 2.
- Ebeling, C., (1997), "*Reliability and Maintainability Engineering*", The McGraw-Hill Companies, Inc., pp. 24-73, 192-202.
- Jardine, A.K.S. and Tsang, A.H.C., (2005), "*Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Applications*", Taylor & Francais Group.
- Kamallan, E.Y., (2016), "*Penjadwalan Maintenance Mesin dan Manajemen Spareparts di PT. XYZ, Gempol*", Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya, Surabaya.
- Kannan, S., Li, Y., Ahmed, N., and El-Akkad, Z., (2010), "*Developing A Maintenance Value Stream Map*", Department of Industrial and Information Engineering, The University of Tennessee, Knoxville.
- Kurniawan, F., (2013), "*Manajemen Perawatan Industri Teknik dan Aplikasi*", Graha Ilmu, Yogyakarta.

Lay, C.F., (2016), "*Perancangan dan Implementasi Total Productive Maintenance (TPM) di PT. XYZ*", Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya, Surabaya.

Levitt, J., (2008), "*Lean Maintenance*", Industrial Press, Inc., New York, USA.

Mostafa, S., Dumrak, J., and Soltan, H., (2015), "*Lean Maintenance Roadmap*", 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference, MIMEC2015, Procedia Manufacturing 2, pp. 434 – 444.

Smith, R. and Hawkins, B., (2004), "*Lean Maintenance: Reduce Cost, Improve Quality, and Increase Market Share*", Burlington (MA), USA: Elsevier.

Tersine, R.J., (1994), "*Principles of Inventory and Materials Management*", Fourth Edition, USA: Prentice Hall.