

STRATEGI PENURUNAN DOWNTIME DAN SETUP TIME PADA MESIN HEAT SEAL MENGGUNAKAN PENDEKATAN LEAN MAINTENANCE

Michelle Roselyn Ong¹⁾, Lithrone Laricha Salomon²⁾, Wilson Kosasih³⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

e-mail: ¹⁾michelle.545210019@stu.untar.ac.id, ²⁾lithrones@ft.untar.ac.id, ³⁾wilsonk@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Industri manufaktur baterai otomotif menghadapi tantangan dalam efektivitas sistem pemeliharaan mesin, khususnya pada mesin heat seal yang memiliki tingkat downtime tertinggi dengan total waktu 12.722 menit dan frekuensi 434 kali selama April 2024 hingga Maret 2025. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemborosan dalam aktivitas breakdown maintenance, menganalisis akar penyebabnya, dan memberikan saran perbaikan berbasis lean maintenance. Metode yang digunakan adalah Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) untuk mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah (VA), tidak bernilai tambah (NVA), dan menghitung efisiensi pemeliharaan berdasarkan indikator MTTO, MTTR, MTTY, dan MMLT. Selain itu, dilakukan analisis akar penyebab menggunakan metode five whys dan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan Focus Group Discussion (FGD). Hasil penelitian menunjukkan efisiensi perawatan hanya sebesar 32,97% dengan dominasi aktivitas NVA sebesar 67,03%. Pemborosan yang teridentifikasi meliputi waiting, motion, process, dan defect. Usulan perbaikan mencakup penerapan floating technician, penambahan troli, digitalisasi sistem maintenance menggunakan Computerized Maintenance Management System (CMMS), serta penempatan toolbox dan troli peralatan dalam lantai kerja produksi. Penerapan future state map menunjukkan peningkatan efisiensi menjadi 38,22% dan penurunan aktivitas NVA menjadi 61,78%. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan lean maintenance melalui MVSM efektif dalam mengurangi waste dan meningkatkan keandalan sistem pemeliharaan mesin.

Kata kunci: Breakdown Maintenance, Computerized Maintenance Management System, Heat Seal, Lean Maintenance, Maintenance Value Stream Mapping, Waste

ABSTRACT

The automotive battery manufacturing industry faces challenges in the effectiveness of its machine maintenance systems, particularly in the heat seal machine, which recorded the highest downtime with a total of 12,722 minutes and 434 occurrences from April 2024 to March 2025. This study aims to identify waste in breakdown maintenance activities, analyze the root causes, and provide improvement recommendations based on lean maintenance. The method used is Maintenance Value Stream Mapping (MVSM) to identify value-added (VA) and non-value-added (NVA) activities, and to calculate maintenance efficiency using indicators such as MTTO, MTTR, MTTY, and MMLT. In addition, root cause analysis is conducted using the five whys method and data collection through observation, interviews, and focus group discussion (FGD). The results show that maintenance efficiency is only 32.97% with NVA activities dominating at 67.03%. The identified types of waste include waiting, motion, process, and defects. The proposed improvements include the implementation of floatation technicians, addition of trolleys, digitalization of the maintenance system using a Computerized Maintenance Management System (CMMS), and placement of toolboxes and equipment trolleys on the production floor. The implementation of the future state map shows an increase in efficiency to 38.22% and a reduction of NVA activities to 61.78%. These results indicate that the lean maintenance approach through systems.

Keywords: Breakdown Maintenance, Computerized Maintenance Management System, Heat Seal, Lean Maintenance, Maintenance Value Stream Mapping, Waste

PENDAHULUAN

Dalam suatu industri manufaktur, efektivitas sistem pemeliharaan mesin memiliki peran utama yang sangat penting untuk memastikan kelancaran proses produksi. Saat ini, banyak industri manufaktur yang masih sering menghadapi permasalahan tingginya tingkat frekuensi *breakdown maintenance* yang menyebabkan pada peningkatan waktu dan frekuensi *downtime*, penurunan produktivitas, pemborosan sumber daya, serta peningkatan

biaya operasional. Salah satu industri manufaktur yang sedang mengalami tingkat kerusakan mesin tinggi adalah industri manufaktur baterai otomotif yang sedang mengembangkan sistem *preventive maintenance* dengan beralih dari sistem berbasis *periodic monthly* menuju sistem berbasis *running hour*. Peralihan sistem *preventive maintenance* ini belum sepenuhnya optimal, sehingga masih sering terjadi gangguan pada mesin yang mempengaruhi kelancaran proses produksi dan operasional mesin, serta tingkat frekuensi *breakdown maintenance* juga meningkat. *Preventive maintenance* bertujuan untuk mencegah penurunan kinerja peralatan atau mesin [1]. Sementara itu, *breakdown maintenance* bertujuan untuk memperbaiki kerusakan peralatan atau mesin produksi [2].

Perusahaan manufaktur baterai otomotif ini telah diakui sebagai salah satu penghasil produk ekspor baterai otomotif berfrekuensi besar di Asia Tenggara dan telah memenuhi standar kualitas internasional seperti DIN, JIS, BBMS, dan *Australian Standards*. Berdasarkan data historis, didapatkan bahwa mesin yang memiliki total *downtime* tertinggi adalah mesin *heat seal* dengan total waktu *downtime* mencapai 12.722 menit dan total frekuensi *downtime* mencapai 434 kali dari bulan April 2024 sampai dengan Maret 2025. Tingginya total waktu *downtime* dan total frekuensi *downtime* pada mesin *Heat Seal* dapat memberikan dampak terhadap efektivitas proses produksi dan juga target produksinya. Berikut ini merupakan Gambar 1 yang menunjukkan mesin *heat seal*.



Gambar 1. Mesin *Heat Seal*

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini akan berfokus pada pendekatan *lean maintenance* untuk mengidentifikasi dan mengurangi *waste* dalam aktivitas pemeliharaan pada mesin *Heat Seal* [3]. Salah satu metode utama yang digunakan adalah *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM), dimana MVSM bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah (VA) dan tidak bernilai tambah (NVA), serta menghitung efisiensi perawatan melalui indikator MTTO, MTTR, MTTY, dan MMLT [4]. Tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengidentifikasi komponen kritis, menentukan akar penyebab utama pemborosan melalui metode *five whys*, memberikan saran perbaikan berbasis *lean maintenance*, serta membuat *future state map* sebagai rancangan proses *maintenance* yang lebih efisien. Metode *five whys* digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari kegagalan yang terjadi dalam proses pemeliharaan [5]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengurangi pemborosan dalam aktivitas pemeliharaan mesin *heat seal*, meningkatkan efisiensi proses perawatan, menurunkan waktu henti mesin, dan mengoptimalkan keberlanjutan operasional perusahaan industri manufaktur baterai otomotif.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif-kualitatif. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual sistem pemeliharaan mesin *Heat Seal* di perusahaan manufaktur baterai otomotif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis *downtime* dengan mengolah data numerik seperti perhitungan nilai

Overall Equipment Effectiveness (OEE), Mean Time to Organize (MTTO), Mean Time to Repair (MTTR), Mean Time to Yield (MTTY), Mean Maintenance Lead Time (MMLT), dan efisiensi perawatan. Sementara itu, pendekatan kualitatif digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan atau *waste* dalam aktivitas *breakdown maintenance* melalui observasi dan *Focus Group Discussion* (FGD).

Pengumpulan Data

Pengumpulan data, yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer didapatkan melalui observasi secara langsung terhadap proses perbaikan mesin saat terjadi kerusakan, wawancara semi-terstruktur dengan teknisi *maintenance*, serta *Focus Group Discussion* (FGD) untuk mengidentifikasi pemborosan atau *waste*. Data sekunder diperoleh dari studi dokumentasi terhadap data historis *downtime* mesin, waktu dan frekuensi *breakdown maintenance*, laporan aktivitas *maintenance*, data Overall Equipment Effectiveness (OEE), dan jadwal *preventive maintenance* dari pihak perusahaan.

Pengolahan dan Analisis Data

Berikut ini merupakan tahapan pengolahan dan analisis data.

1. Perhitungan nilai OEE untuk mengukur tingkat efektivitas penggunaan mesin berdasarkan *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality product*.
2. Identifikasi komponen kritis menggunakan data total *downtime minute* dan *frequency* untuk menentukan komponen dengan kerusakan tertinggi.
3. Identifikasi *waste* menggunakan metode *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM). Tahapan MVSM dimulai dengan melakukan penyusunan *current state map* untuk memetakan proses aktual *breakdown maintenance*. Setelah itu, melakukan perhitungan MTTO, MTTR, dan MTTY. Selanjutnya, melakukan klasifikasi aktivitas menjadi VA (*Value Added*), NVA (*Non Value Added*), dan NNVA (*Necessary Non Value Added*). Terakhir, melakukan perhitungan MMLT dan efisiensi perawatan.
4. Identifikasi *waste* dalam aktivitas perbaikan pada komponen *heater* berdasarkan *seven waste of lean maintenance* (*waiting, motion, process, defect*, dan sebagainya).
5. Analisis akar penyebab masalah dengan menggunakan metode *five whys* untuk menelusuri penyebab utama terjadinya pemborosan atau *waste*.
6. Usulan perbaikan yang efektif dan efisien diberikan untuk mengurangi waktu dan frekuensi *downtime*, serta meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan atau *maintenance* sehingga proses produksi tidak terhambat.
7. Perancangan perangkat lunak menggunakan metode *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) untuk membantu perusahaan dalam mengelola sistem pemeliharaan dengan lebih efisien.
8. Pembuatan *future state map* untuk menyusun rancangan alur proses *breakdown maintenance* yang telah dioptimalkan dengan meminimalkan atau menghilangkan aktivitas perbaikan yang tidak bernilai tambah atau *non value added activities* pada *current state map*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Efektivitas Mesin Heat Seal

Perhitungan keefektifan mesin *Heat Seal* dapat dilakukan melalui analisa nilai Overall Equipment Effectiveness. OEE memiliki tujuan untuk mengukur tingkat efektivitas penggunaan mesin dalam menjalankan fungsinya secara optimal. Pengukuran OEE pada mesin *Heat Seal*, menilai tingkat efektivitas mesin melalui perhitungan tiga indikator, yaitu *availability* (ketersediaan mesin atau peralatan), *performance efficiency* (efisiensi kinerja operasional), dan *rate of quality product* (kualitas produk). Berikut ini merupakan

komponen utama dari kondisi nilai *Overall Equipment Effectiveness* atau OEE yang ideal sesuai dengan standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) [6].

1. *Availability* $\geq 90\%$
2. *Performance Efficiency* $\geq 95\%$
3. *Rate of Quality Product* $\geq 99\%$
4. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) $\geq 85\%$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan keefektifan mesin *Heat Seal* melalui analisis nilai *Overall Equipment Effectiveness* atau OEE yang dapat dilihat pada Tabel 1.

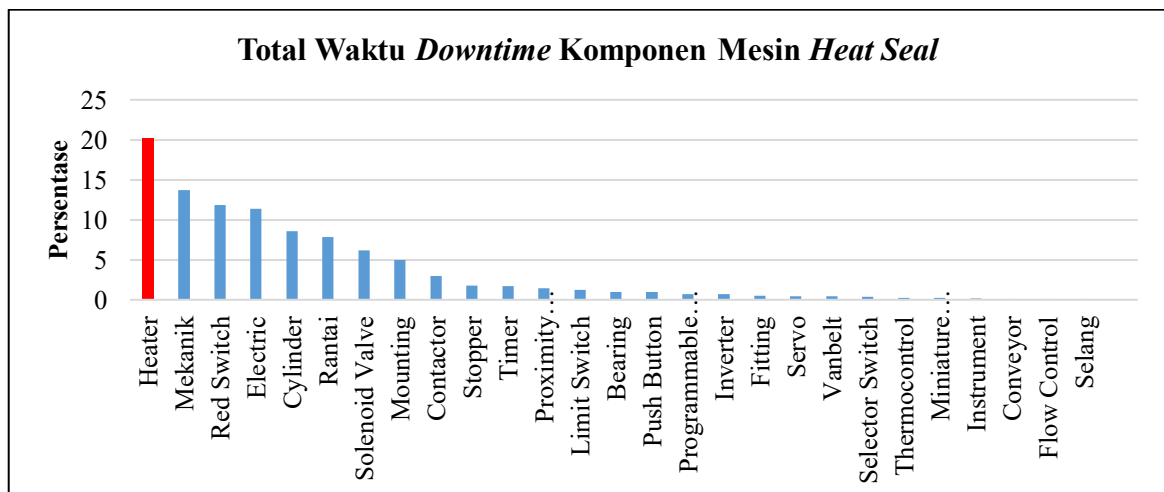
Tabel 1. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* Mesin *Heat Seal*

Periode	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>			
	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance Efficiency</i> (%)	<i>Rate of Quality Product</i> (%)	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (%)
Apr 2024	88	78,8	98,3	68,1
Mei 2024	87,4	76,9	97,8	65,7
Jun 2024	87,1	79,7	97,2	67,5
Jul 2024	85,7	78,9	97,9	66,16
Agu 2024	86,9	80,3	98,4	68,7
Sep 2024	89,1	78,3	98,6	68,7
Okt 2024	86	75,2	98	63,4
Nov 2024	92,3	75,9	98,3	68,8
Des 2024	85,3	80,2	98	67
Jan 2025	82,7	75,2	96,7	60,2
Feb 2025	86,7	78,3	97,1	66
Mar 2025	89,4	69,2	97,4	60,3
Rata-Rata				65,87

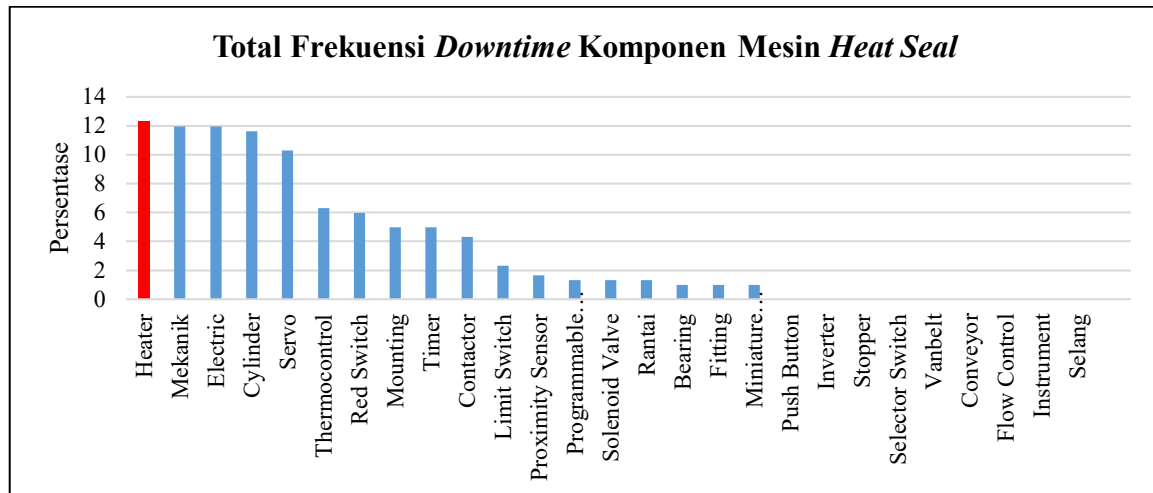
Berdasarkan hasil perhitungan nilai OEE yang dapat dilihat pada Tabel 1 di atas, maka dapat diketahui bahwa nilai OEE tertinggi mesin *Heat Seal* terjadi pada bulan November 2024, dengan nilai sebesar 68,8%. Sementara itu, nilai OEE terendah terjadi pada bulan Januari 2025, dengan nilai sebesar 60,2%. Selain itu, dapat diketahui bahwa mesin *Heat Seal* memiliki rata-rata nilai OEE sebesar 65,87%. Rata-rata nilai OEE tersebut berada di bawah pedoman hasil standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), yaitu $OEE \geq 85\%$. Oleh karena itu, perbaikan dan analisis lebih lanjut sangat dibutuhkan agar mesin *Heat Seal* dapat bekerja lebih efektif dan optimal untuk meningkatkan kinerja dan kualitas kinerja mesin.

Identifikasi Komponen Kritis

Proses identifikasi komponen kritis dilakukan dengan menganalisis total *downtime* pada setiap komponen mesin *Heat Seal* selama periode tertentu. Berikut ini merupakan Gambar 2 dan Gambar 3 yang menunjukkan data total waktu dan frekuensi *downtime* komponen mesin *Heat Seal* pada bulan April 2024 sampai dengan Maret 2025.



Gambar 2. Total Waktu *Downtime* Komponen Mesin *Heat Seal*

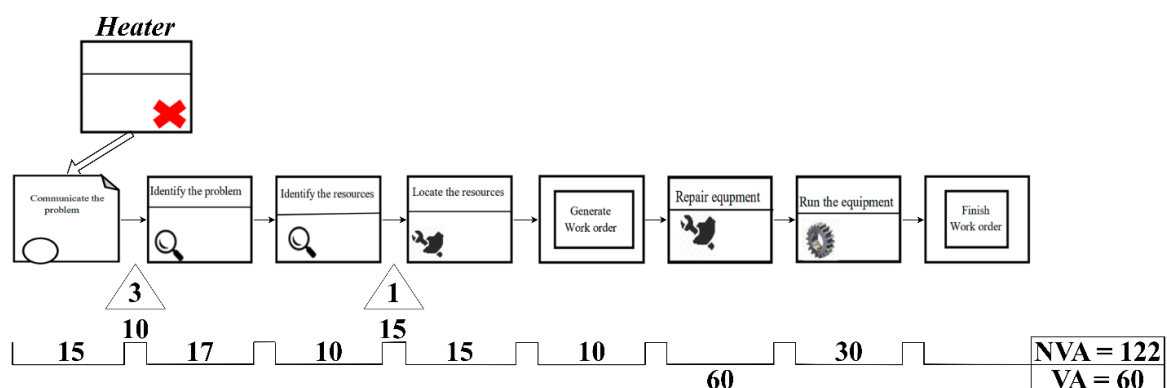


Gambar 3. Total Frekuensi Downtime Komponen Mesin Heat Seal

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 di atas, didapatkan bahwa komponen mesin *Heat Seal* yang memiliki total waktu dan frekuensi *downtime* tertinggi adalah komponen *Heater* dengan total waktu *downtime* mencapai 1.928 menit dan total frekuensi *downtime* mencapai 37 kali dari bulan April 2024 sampai dengan Maret 2025. Oleh karena itu, akan dilakukan analisis lebih lanjut terhadap komponen *Heater* melalui pembuatan *Maintenance Value Stream Mapping* atau MVSM untuk mengidentifikasi serta mengeleminasi pemborosan atau *waste* dalam aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* komponen *Heater*.

Maintenance Value Stream Mapping (MVSM)

Proses identifikasi pemborosan atau *waste* dilakukan dengan menggunakan metode *Maintenance Value Stream Mapping* atau MVSM. Tahapan pertama adalah pembuatan *current state map* untuk memetakan kondisi aktual proses pemeliharaan dan mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah atau *non - value added activities* [7]. Berikut ini merupakan *current state map* dari aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* pada komponen *Heater* yang dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Current State Map Komponen Heater

Berikut ini merupakan hasil pengamatan aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* pada komponen *Heater* yang dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Aktivitas Perbaikan *Heater*

No.	Aktivitas Perbaikan	Durasi Perbaikan (Menit)	Kategori MMLT	Kategori NVA/VA	Kategori Aktivitas
1.	<i>Equipment breakdown</i>	-	-	-	-
2.	<i>Communicate the Problem</i>	15	MTTO	NVA	NNVA
3.	<i>Delay</i> karena karyawan atau operator tidak <i>standby</i> ditempat	10	MTTO	NVA	NVA
4.	<i>Identify the Problem</i>	17	MTTO	NVA	NNVA
5.	<i>Identify the Resources</i>	10	MTTO	NVA	NNVA
6.	<i>Delay</i> karena tidak tersedianya peralatan yang menunjang untuk perbaikan	15	MTTO	NVA	NVA
7.	<i>Locate the Resources</i>	15	MTTO	NVA	NNVA
8.	<i>Generate Work Order</i>	10	MTTO	NVA	NNVA
9.	<i>Repair Equipment</i>	60	MTTR	VA	VA
10.	<i>Run the Equipment</i>	30	MTTY	NVA	NNVA
11.	<i>Finish Work Order</i>	-	-	-	-
Total MMLT			182		
Total MTTO			92		
Total MTTR			60		
Total MTTY			30		

Berdasarkan Tabel 2 di atas, maka dapat dilakukan analisa terhadap waktu yang menghasilkan nilai tambah dan tidak menghasilkan nilai tambah, serta persentase efisiensi dalam proses perawatan. Berikut ini merupakan hasil perhitungan waktu pada *current state map* untuk komponen *Heater* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan *Current State Map* Komponen *Heater*

Value added time	60 minute
Non value added time	122 minute
% Value added time	32,97%
% Non value added time	67,03%
% Efisiensi perawatan	32,97%

Berdasarkan Tabel 3 di atas, didapatkan bahwa aktivitas yang menghasilkan nilai tambah adalah sebesar 32,97% dan aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tambah adalah sebesar 67,03%. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tambah memiliki persentase lebih besar dari aktivitas yang menghasilkan nilai tambah. Selain itu, efisiensi dalam proses perawatan juga masih tergolong rendah, yaitu 32,97%. Oleh karena itu, akan dilakukan analisis lebih lanjut terhadap komponen *Heater* melalui proses identifikasi pemborosan atau *waste* untuk mengetahui aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* yang termasuk dalam kategori pemborosan atau *waste*.

Identifikasi pemborosan atau *waste*

Setelah melakukan pembuatan *current state map* pada komponen *heater*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi pemborosan atau *waste* dalam aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* pada komponen *heater* mesin *heat*. Proses identifikasi pemborosan atau *waste* dilakukan dengan menggunakan metode *Focus Group Discussion* atau FGD. Identifikasi pemborosan dilakukan berdasarkan tujuh jenis *waste* dalam *lean maintenance* [8].

Berikut ini merupakan pemborosan atau *waste* dari aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* pada komponen *Heater* yang dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Pemborosan Aktivitas Perbaikan Komponen *Heater*

Komponen Mesin	Problem	Aktivitas	Jenis Pemborosan atau Waste
Heater	Kabel heater rusak atau putus	Operator menunggu teknisi <i>maintenance</i> datang	Waiting
		Teknisi <i>maintenance</i> menunggu peralatan	Waiting
		Teknisi <i>maintenance</i> menunggu komponen atau <i>spare part</i>	Waiting
		Teknisi <i>maintenance</i> mengambil kembali peralatan dari ruang teknisi atau ruang modul	Motion
		Teknisi <i>maintenance</i> mengambil kembali <i>spare part</i> dari tempat penyimpanan	Motion
		Teknisi <i>maintenance</i> melakukan pencatatan laporan harian sebanyak dua kali	Process
		Kerusakan yang kembali terjadi dengan penyebab berbeda	Defect

Berdasarkan setiap jenis pemborosan atau *waste* yang telah teridentifikasi dalam aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* pada komponen *heater*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis akar penyebab atau *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi faktor utama penyebab terjadinya pemborosan atau *waste* tersebut [9].

Analisis *Five Whys*

Analisis akar penyebab dilakukan dengan menggunakan metode *Five Whys* untuk mengidentifikasi faktor utama penyebab terjadinya pemborosan atau *waste*. Metode *Five Whys* dilakukan dengan mengulang pertanyaan “*Why?*” hingga lima kali untuk menemukan akar penyebab suatu masalah [10]. Berikut ini merupakan hasil analisis akar penyebab atau (RCA) terhadap setiap aktivitas pemborosan yang terjadi dengan menggunakan metode *five whys* yang dapat dilihat pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 8 di bawah ini.

1. Pemborosan *Waiting*

Tabel 5. *Five Whys* Pemborosan *Waiting*

Jenis Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Waiting	Operator menunggu teknisi datang	Teknisi <i>maintenance</i> sedang menangani kerusakan pada mesin	Terdapat tingkat prioritas pada mesin	Waktu henti mesin menghambat kelancaran proses produksi	Jumlah teknisi tidak cukup
	Teknisi <i>maintenance</i> menunggu peralatan	Peralatan tidak tersedia	Peralatan sedang digunakan	Tidak ada peralatan lebih	Hanya terdapat satu troli peralatan
	Teknisi <i>maintenance</i> menunggu komponen atau <i>spare part</i>	Teknisi <i>maintenance</i> harus melakukan permintaan <i>spare part</i> dan membutuhkan kode konfirmasi pada sistem <i>digital</i>	Teknisi <i>maintenance</i> mengajukan permintaan kode konfirmasi dari departemen <i>spare part</i>	Teknisi <i>maintenance</i> memasukkan kode konfirmasi pada sistem <i>digital</i> dan mengambil <i>spare part</i> secara manual	Sistem <i>digital</i> permintaan <i>spare part</i> yang dijalankan belum terintegrasi secara efisien

2. Pemborosan *Motion*

Tabel 6. *Five Whys* Pemborosan *Motion*

Jenis Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Motion	Pergerakan yang dilakukan oleh teknisi membutuhkan waktu yang lama	Pergerakan berlebih yang dilakukan oleh teknisi	Teknisi tidak membawa seluruh peralatan saat melakukan pemeriksaan awal pada mesin	Teknisi harus bolak balik untuk mengambil peralatan dari ruang teknisi dan ruang modul ke lini produksi	Ruang teknisi dan ruang modul tidak berada dalam lantai kerja yang sama dengan lini produksi, serta peralatan terbatas
			Proses permintaan dan pengambilan <i>spare part</i> dilakukan dengan sistem secara digital dan manual	Teknisi harus bolak balik untuk melakukan permintaan <i>spare part</i> dari ruang modul ke tempat penyimpanan	Sistem digital permintaan <i>spare part</i> yang dijalankan belum terintegrasi secara efisien

3. Pemborosan *Process*

Tabel 7. *Five Whys* Pemborosan *Process*

Jenis Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Process	Proses pencatatan laporan harian membutuhkan waktu yang lama	Teknisi melakukan pencatatan laporan harian sebanyak dua kali	Teknisi mengisi kertas <i>form</i> perbaikan mesin secara manual	Pencatatan laporan harian akan di <i>input</i> secara manual menggunakan <i>Excel</i>	Tidak terdapat perangkat lunak yang berbasis <i>Computerized Maintenance Management System</i>

4. Pemborosan *Defect*

Tabel 8. *Five Whys* Pemborosan *Defect*

Jenis Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Defects</i>	Kerusakan kembali terjadi setelah dilakukan perbaikan	Terdapat penyebab masalah yang berbeda	Proses <i>maintenance</i> belum dilakukan secara menyeluruh	<i>Preventive maintenance</i> belum dilaksanakan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan	Sistem <i>preventive maintenance</i> belum dilaksanakan secara rutin

Berdasarkan Tabel 5 sampai dengan Tabel 8 di atas, dibutuhkan beberapa saran perbaikan yang efektif dan efisien untuk meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan sehingga proses produksi tidak terhambat.

Saran Perbaikan

Saran perbaikan yang efektif dan efisien diberikan untuk mengurangi waktu dan frekuensi *downtime*, serta meningkatkan efektivitas sistem pemeliharaan atau *maintenance* sehingga proses produksi tidak terhambat. Berikut ini merupakan beberapa saran perbaikan yang dapat diberikan untuk mengurangi pemborosan atau *waste* dalam aktivitas perbaikan dan pemeliharaan mesin.

1. Penerapan Sistem Teknisi Cadangan atau *Floating Technician*

Teknisi cadangan atau *floater* yang tidak terikat pada suatu lini produksi tertentu secara tetap, tetapi memiliki tanggung jawab yang bersifat fleksibel dan dapat dialokasikan untuk membantu setiap area yang membutuhkan bantuan ketika sedang mengalami beban gangguan tinggi atau *overload*.

2. Penambahan Troli Peralatan

Penambahan satu *unit* troli peralatan sebagai cadangan untuk mengantisipasi kondisi darurat, seperti ketika terjadi gangguan kerusakan mesin secara bersamaan atau ketika troli utama mengalami kerusakan atau kehilangan peralatan.

3. Pengembangan Sistem Digital Permintaan *Spare Part*

Integrasi sistem digital permintaan *spare part* akan dikembangkan dengan menggunakan *Computerized Maintenance Management System* untuk meningkatkan efisiensi proses permintaan *spare part*. CMMS merupakan *software* yang dirancang untuk membantu perusahaan atau industri dalam mengelola sistem pemeliharaan [11].

4. Penempatan *Toolbox* dan Troli Peralatan

Toolbox dan troli peralatan dapat ditempatkan dalam lantai kerja produksi sehingga teknisi tidak harus bolak balik untuk mengambil peralatan dari ruang teknisi dan ruang modul ke lini produksi.

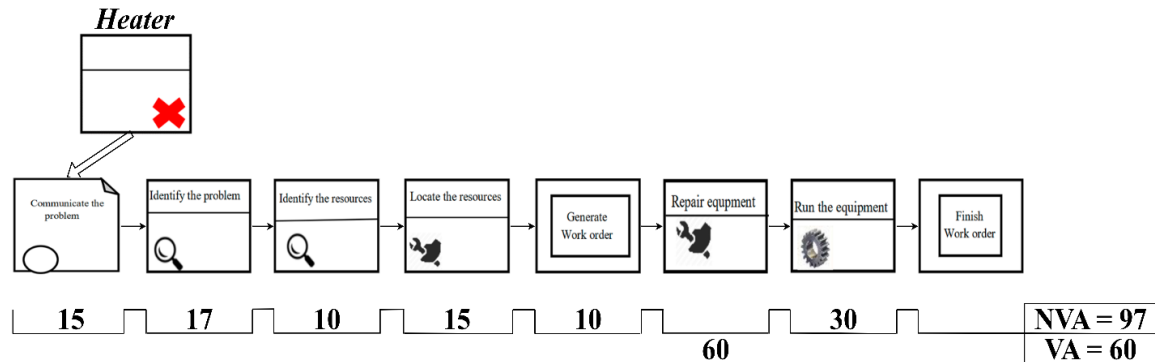
5. Digitalisasi sistem pemeliharaan

Digitalisasi ini dilakukan dengan menggunakan sistem *Computerized Maintenance Management System* yang menggabungkan berbagai proses pemeliharaan dalam satu sistem. CMMS sangat membantu perusahaan dalam mengelola sistem pemeliharaan, seperti pencatatan laporan harian, pencatatan historis kerusakan mesin, penjadwalan *preventive maintenance*, serta pengelolaan permintaan *spare part* [11].

Future State Map

Berdasarkan saran perbaikan tersebut, diharapkan dapat mengurangi pemborosan atau *waste* dalam aktivitas perbaikan dan pemeliharaan mesin, serta efisiensi dalam proses perawatan juga dapat meningkat. Perhitungan peningkatan efisiensi dalam proses

perawatan dilakukan menggunakan metode *Maintenance Value Stream Mapping*. Terakhir, dilakukan pembuatan *future state map* untuk menyusun rancangan alur proses *breakdown maintenance* yang telah dioptimalkan dengan meminimalkan aktivitas perbaikan yang tidak bernilai tambah pada *current state map* [7]. Berikut *future state map* dari *breakdown maintenance* pada komponen *heater* yang dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. *Future State Map* Komponen Heater

Berikut ini merupakan hasil pengamatan aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* komponen *heater* yang dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Hasil Pengamatan Aktivitas Perbaikan Heater

No.	Aktivitas Perbaikan	Durasi Perbaikan (Menit)	Kategori MMLT	Kategori NVA/VA	Kategori Aktivitas
1.	Equipment breakdown	-	-	-	-
2.	Communicate the Problem	15	MTTO	NVA	NNVA
3.	Identify the Problem	17	MTTO	NVA	NNVA
4.	Identify the Resources	10	MTTO	NVA	NNVA
5.	Locate the Resources	15	MTTO	NVA	NNVA
6.	Generate Work Order	10	MTTO	NVA	NNVA
7.	Repair Equipment	60	MTTR	VA	VA
8.	Run the Equipment	30	MTTY	NVA	NNVA
9.	Finish Work Order	-	-	-	-
Total MMLT			157		
Total MTTO			67		
Total MTTR			60		
Total MTTY			30		

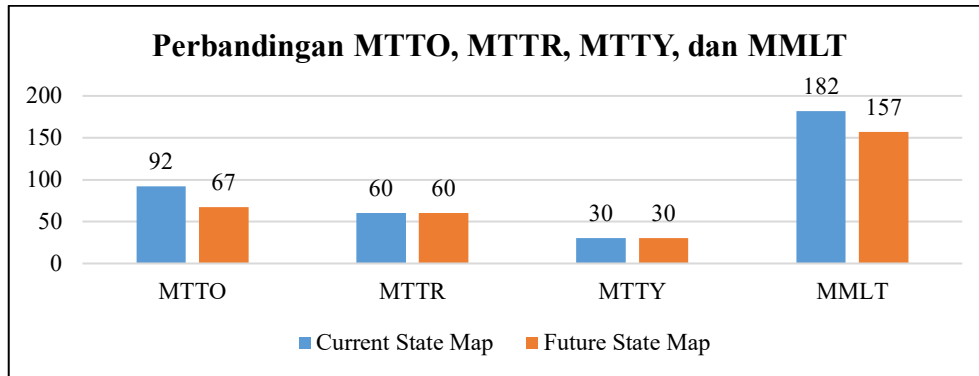
Berdasarkan *future state map* dan hasil pengamatan yang telah dilakukan, maka dapat dilakukan analisa terhadap waktu yang menghasilkan nilai tambah dan tidak menghasilkan nilai tambah. Berikut ini merupakan hasil perhitungan waktu terhadap *future state map* untuk komponen *heater* yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan *Future State Map* Komponen Heater

Value added time	60 minute
Non value added time	97 minute
% Value added time	38,22%
% Non value added time	61,78%
% Efisiensi perawatan	38,22%

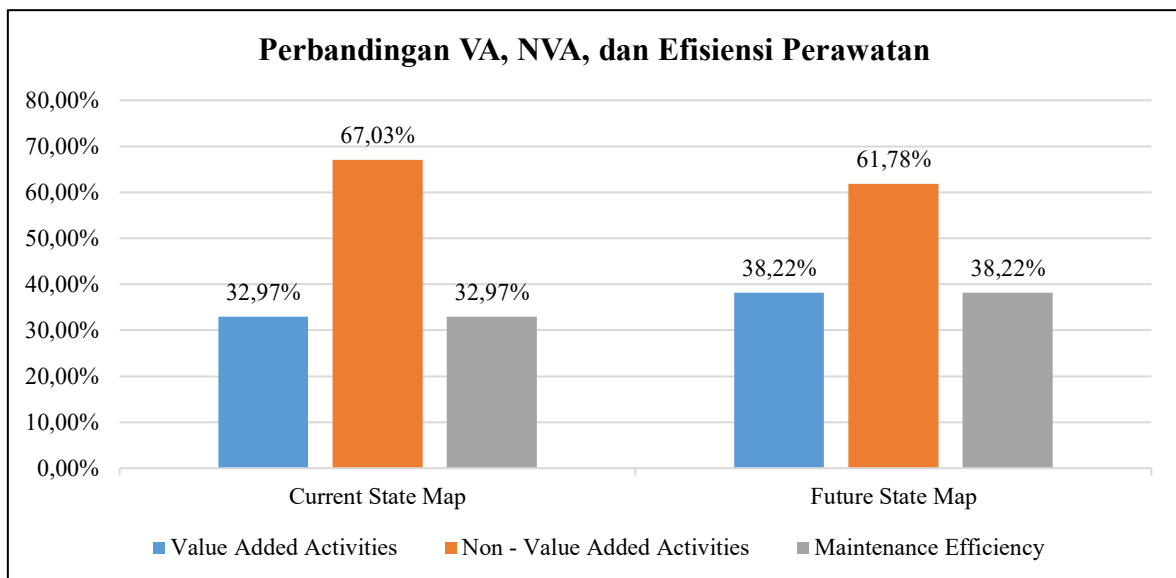
Berdasarkan perhitungan waktu di atas, didapatkan bahwa aktivitas yang menghasilkan nilai tambah atau *value added activities* adalah sebesar 38,22% dan aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tambah atau *non – value added activities* adalah sebesar 61,78%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tambah mengalami penurunan dan persentase aktivitas yang menghasilkan nilai tambah mengalami peningkatan. Selain itu, efisiensi dalam proses perawatan juga mengalami peningkatan, yaitu 38,22%. Berikut ini merupakan grafik perbandingan antara hasil perhitungan *current state map* dengan *future state map* pada komponen Heater

berdasarkan indikator MTTO, MTTR, MTTY, dan MMLT yang dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Perbandingan MTTO, MTTR, MTTY, dan MMLT

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 di atas, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai MTTO pada komponen *heater* sebesar 25 menit dari awalnya sebesar 92 menit menjadi 67 menit. Penurunan ini menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dalam mempersiapkan proses perawatan dan pemeliharaan. Sementara itu, nilai MMLT juga mengalami penurunan dari 182 menit menjadi 157 menit. Penurunan ini menunjukkan adanya perbaikan dalam proses perawatan dan pemeliharaan secara keseluruhan. Perubahan tersebut menunjukkan bentuk dari keberhasilan implementasi saran perbaikan, terutama dalam mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, serta meningkatkan efisiensi proses perawatan. Berikut ini merupakan grafik perbandingan antara hasil perhitungan *current state map* dengan *future state map* pada komponen *Heater* berdasarkan indikator VA, NVA, dan efisiensi perawatan yang dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Perbandingan VA, NVA, dan Efisiensi Perawatan

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 di atas, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan efisiensi dalam proses perawatan dan *value added activities* pada komponen *heater* sebesar 5,25% dari awalnya sebesar 32,97% menjadi 38,22%, serta *non - value added activities* mengalami penurunan dari 67,03% menjadi 61,78%.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas perbaikan atau *breakdown maintenance* pada komponen *heater* mesin *heat seal* memiliki tingkat pemborosan atau *waste* yang tinggi, dengan persentase aktivitas yang tidak menghasilkan nilai sebesar 67,03% dan efisiensi dalam proses perawatan hanya mencapai 32,97%. Berdasarkan pendekatan *lean maintenance* dengan metode *Maintenance Value Stream Mapping* atau MVSM, berbagai jenis pemborosan atau *waste* seperti *waiting*, *motion*, *process*, dan *defects* dapat diidentifikasi secara sistematis. Analisis akar penyebab menggunakan metode *five whys* mengidentifikasikan bahwa terdapat pemborosan atau *waste* tersebut disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu keterbatasan teknisi, ketidaksiapan peralatan, tidak terintegrasinya sistem permintaan *spare part*, serta belum diterapkannya sistem *Computerized Maintenance Management System* atau CMMS untuk digitalisasi proses *maintenance*. Saran perbaikan yang diberikan, seperti penambahan *floating technician*, standarisasi dan penempatan *toolbox* atau troli, serta digitalisasi sistem *maintenance* melalui CMMS, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi perawatan. Berdasarkan hasil pembuatan *future state map*, didapatkan peningkatan efisiensi dalam proses perawatan menjadi 38,22% dan penurunan aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tambah menjadi 61,78%. Oleh karena itu, pendekatan *lean maintenance* melalui MVSM dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi pemeliharaan, mengurangi waktu dan frekuensi *downtime*, serta mendukung keberlangsungan proses produksi yang lebih optimal. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan berfokus pada integrasi CMMS secara menyeluruh dan evaluasi keberlanjutan dari implementasi saran perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I.A. Fioravante, A.M.d.F. Fioravante, J.W.d.J. Silva and R.B. Ribeiro, "Industrial Maintenance Management: Methods and Tools for Increasing Reliability," *Revista de Gestao and Tecnologia*, vol. 4, no. 2, pp. 15-19, 2016.
- [2] M. Nasution, A. Bakhori and W. Novarika, "Manfaat perlunya Manajemen Perawatan untuk Bengkel maupun Industri," *Buletin Utama Teknik*, vol. 16, no. 3, pp. 248-252, 2021.
- [3] S. Wijaya, D.N. Prayogo and M.A. Hadiyat, "Perancangan dan Penerapan Lean Maintenance Management di PT. Hapete Surabaya," *Calyptra*, vol. 7, no. 2, pp. 4855-4872, 2019.
- [4] U. Roysen, C. Jaqin, S. Hasibuan, S. Juniawan, F. Alam and D. Daruki, "Peningkatan Produktivitas Maintenance Menggunakan Metode Maintenance Value Stream Mapping pada Industri Jasa Penerbangan Nasional," *JISI*, vol. 11, no. 2, pp. 159-170, 2024.
- [5] A. Adyatama and N.U. Handayani, "Perbaikan Kualitas Menggunakan Prinsip Kaizen dan 5 Why Analysis: Studi Kasus pada Painting Shop Karawang Plant 1, PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia," *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, vol. 13, no. 3, pp. 169-176, 2018.
- [6] Z. Arifin, "Implementasi Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam Penerapan Metode Total Proctive Maintenance (TPM) di PT. FJT," *Profisiensi*, vol. 8, no. 1, pp. 55-63, 2020.
- [7] A.H. Prakoso and N.A. Mahbubah, "Penanganan Pengurangan Jumlah Downtime Berlebih dari Unit ABC 1 dengan Pendekatan Lean Maintenance pada PT. XYZ," *Sigma Teknika*, vol. 7, no. 2, pp. 255-268, 2024.
- [8] Y. Maulana, "Identifikasi Waste dengan Menggunakan Metode Value Stream Mapping pada Industri Perumahan," *Jurnal JIEOM*, vol. 2, no. 2, pp. 12-19, 2019.

- [9] M.S. Tanuwijaya, A. Ahmad and M.A. Saryatmo, "Penerapan Lean Maintenance pada Aktivitas Perawatan Mesin untuk Minimasi Waste," *Jurnal Mitra Teknik Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 73-83, 2022.
- [10] K. Kevin, M.A. Saryatmo and A. Andres, "Minimasi Waste pada Aktivitas Proses Produksi dengan Pendekatan Value Stream Mapping (Studi Kasus: UKM Garmen X)," *Jurnal Mitra Teknik Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 136-144, 2023.
- [11] L. Shankar, C.D. Singh and R. Singh, "AI And CMMS: A Powerful Duo For Enhanced Maintenance In Manufacturing," *Educational Administration: Theory and Practice*, vol. 30, no. 5, pp. 8647-8654, 2024.