

Efisiensi Perawatan Pada *CNC Plasma Cutting Machine* Menggunakan Metode *Maintenance Value Stream Map* (MVSM)

Hasim Achmad Arsabil¹, Mey Rohma Dhani^{1*} dan Dika Rahayu Widiana²

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: meyrohmadhani@ppns.ac.id

Abstrak

Perusahaan galangan kapal menggunakan peralatan yang berpotensi berbahaya dan beresiko sangat tinggi dalam proses produksinya, salah satunya adalah penggunaan *CNC Plasma Cutting Machine*. *CNC Plasma Cutting Machine* adalah alat yang digunakan untuk memotong logam dengan plasma. Dalam proses produksi perusahaan galangan kapal, peran *CNC Plasma Cutting Machine* sangat penting terutama sebagai alat pemotong plat dalam proses pembuatan kapal. Setiap industri berusaha meningkatkan kuantitas dan kualitas output yang dihasilkan oleh teknologi agar dapat bersaing secara global dalam persaingan industri yang semakin meningkat. Penggunaan teknologi yang andal dapat mempercepat dan mengefektifkan proses produksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeliharaan yang terencana dan tepat. Tidak adanya SOP pada bagian *maintenance* untuk mengatasi saat terjadi kerusakan komponen menjadi permasalahan pada perusahaan galangan kapal. Untuk mengatasi permasalahan kegiatan pemeliharaan aktual yang kurang terencana dan untuk mencapai efektivitas kegiatan pemeliharaan, maka perlu dilakukan gambaran sistem pemeliharaan aktual dengan menggunakan metode MVSM (*Maintenance Value Stream Map*). MVSM adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan alur kegiatan pemeliharaan untuk mengidentifikasi pemborosan. Sesuai dengan identifikasi kegagalan komponen menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMECA) dan penentuan komponen kritis menggunakan metode *Pareto Diagram* pada *CNC Plasma Cutting Machine* didapatkan 3 komponen yang mempunyai tingkat kekritisan tertinggi yaitu *filter dust collector*, *van-belt*, dan penampung kontaminan. Pada analisis menggunakan metode MVSM didapatkan hasil peningkatan efisiensi perawatan pada komponen *filter dust collector* yang sebelumnya sebesar 45,45% menjadi 52,63%.

Kata Kunci: *CNC Plasma Cutting Machine*, *Failure Mode Effect Analysis and Criticality Analysis* (FMECA), *Maintenance Value Stream Map* (MVSM), *Pareto Diagram*

Abstract

Shipyards use potentially dangerous and very high-risk equipment in the production process, one of which is the use of CNC Plasma Cutting Machine. CNC Plasma Cutting Machine is a tool used to cut metal with plasma. In the production process of shipbuilding companies, the role of CNC Plasma Cutting Machine is very important, especially as a plate cutting tool in the shipbuilding process. Every industry is trying to increase the quantity and quality of output produced by technology in order to compete globally in increasing industrial competition. The use of reliable technology can speed up and streamline the production process. Therefore, it is necessary to carry out planned and proper maintenance. The absence of SOPs in the maintenance section to overcome when component damage becomes a problem in shipyard companies. To overcome the problems of actual maintenance activities that are less planned and to achieve the effectiveness of maintenance activities, it is necessary to describe the actual maintenance system using the MVSM (Maintenance Value Stream Map) method. MVSM is a method used to describe the flow of maintenance activities to identify waste. In accordance with the identification of component failures using the Failure Mode Effect Analysis (FMECA) method and the determination of critical components using the Pareto Diagram method on the CNC Plasma Cutting Machine, 3 components are obtained that have the highest level of criticality, namely the filter dust collector, van-belt, and contaminant container. In the analysis using the MVSM method, the results obtained increased maintenance efficiency of the filter dust collector from 45.45% to 52.63%.

Keywords: *CNC Plasma Cutting Machine*, *Failure Mode Effect Analysis and Criticality Analysis* (FMECA), *Maintenance Value Stream Map* (MVSM), *Pareto Diagram*

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan di salah satu divisi pada perusahaan galangan kapal. Perusahaan galangan kapal menggunakan peralatan yang berpotensi berbahaya dan beresiko sangat tinggi dalam proses produksinya, salah satunya adalah penggunaan *CNC Plasma Cutting Machine*. *CNC Plasma Cutting Machine* adalah alat yang digunakan untuk memotong logam dengan plasma (Irfan & Rusiyanto, 2021). *CNC Plasma Cutting Machine* sangat penting dan tidak dapat digantikan oleh peralatan lain, sehingga jika alat ini mengalami kerusakan maka proses produksi kapal akan sulit atau mungkin terhenti. *CNC Plasma Cutting Machine* digunakan secara terus menerus dalam proses pembuatan kapal terutama untuk pemotongan lembaran plat di bengkel produksi, dan hanya berhenti pada saat istirahat, sehingga dapat menimbulkan resiko pecah atau rusaknya komponen *CNC Plasma Cutting Machine*. Tidak adanya SOP pada bagian *maintenance* untuk mengatasi saat terjadi kerusakan komponen menjadi permasalahan (Sodikin et al., 2018).

Menurut (Muhaemin & Nugraha, 2022) Mengatakan bahwa setiap industri berusaha meningkatkan kuantitas dan kualitas output yang dihasilkan oleh teknologi agar dapat bersaing secara global dalam persaingan industri yang semakin meningkat. Penggunaan teknologi yang andal dapat mempercepat dan mengefektifkan proses produksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeliharaan yang terencana dan tepat. Tujuan perawatan mesin adalah untuk mengurangi frekuensi kerusakan dan memperpendek durasinya. Dengan perawatan mesin yang baik dan efektif, maka dapat menjaga waktu tunggu produk, menjaga kualitas produk, mengurangi biaya kerusakan yang diperkirakan, dan memastikan efisiensi penggunaan fasilitas produksi (Nurwahidah A et al., 2023).

Untuk mengatasi permasalahan kegiatan pemeliharaan yang kurang terencana dan untuk mencapai efektivitas kegiatan pemeliharaan, maka perlu dilakukan gambaran sistem pemeliharaan yang sebenarnya dengan menggunakan metode MVSM (*Maintenance Value Stream Map*). MVSM adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan alur kegiatan pemeliharaan untuk mengidentifikasi pemborosan. Pemborosan ini terjadi pada setiap aktivitas pemeliharaan yang tidak memberikan nilai tambah pada proses pemeliharaan. Dalam melakukan pemeliharaan, permasalahan seringkali muncul akibat pemeliharaan yang tidak terencana dan kurangnya SOP pemeliharaan pada sisi pemeliharaan. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu dilakukan gambaran sistem pemeliharaan aktual menggunakan *maintenance value map (MVSM)* (Kurniawati & Muzaki, 2017).

Sesuai dengan identifikasi kegagalan komponen menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis (FMECA)* dan penentuan komponen kritis menggunakan metode *Pareto Diagram* pada *CNC Plasma Cutting Machine* didapatkan 3 komponen yang mempunyai tingkat kekritisan tertinggi yaitu *filter dust collector, van-belt*, dan penampung kontaminan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlunya suatu metode yang tepat untuk mengatasi akar dari permasalahan dan suatu evaluasi untuk meningkatkan efisiensi perawatan pada *CNC Plasma Cutting Machine* menggunakan metode *Maintenance Value Stream Map (MVSM)*.

2. METODE

a. *Functional Block Diagram (FBD)*

Functional Block Diagram (FBD) merupakan diagram yang mewakili alur kerja antara fungsi-fungsi komponen-komponen penyusun sistem dan menjelaskan ruang lingkupnya sehingga analisis fungsi dan malfungsi sistem dapat dengan mudah dilakukan. FBD digunakan untuk menggambarkan sistem operasi mesin dan sebagai representasi grafis dari pengoperasian sistem dalam bentuk blok yang berisi fungsi masing-masing subsistem (Papazoglou, 1998). Menurut (Department of The US Army., 2006) menyatakan bahwa FBD berfungsi untuk menunjukkan keterkaitan fungsi antar komponen penyusun sistem yang ditunjukkan secara visual digambarkan dengan blok serta garis panah sebagai aliran utama.

b. *Failure Mode Effect Analysis & Criticality Analysis (FMECA)*

Menurut (Rahman, 2021) mengatakan bahwa FMECA adalah metode yang menggabungkan antara metode FMEA dan metode Analisa titik kritis (*Critically analysis*). Metode ini membantu memprioritaskan tindakan perbaikan untuk permasalahan yang paling kritis (Sezer et al., 2022). *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* merupakan metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mengidentifikasi berbagai mode kegagalan dan menganalisis risiko kegagalan terhadap keandalan sistem (Syarifudin & Putra, 2021). Metode FMECA merupakan pengembangan dari metode FMEA dengan membuat peringkat kualitatif model-model kegagalan sesuai dengan kemungkinan dan keparahan dampak atau konsekuensinya terhadap bentuk sistem. Keuntungan metode ini adalah mendapatkan risiko yang fokus mengenai fungsi dan hubungan interaksi dari suatu sistem (Zefri et al., 2022). Terdapat *form FMECA* yang digunakan dalam mengidentifikasi *failure* yang terjadi serta untuk mengetahui tingkat kekritisan kegagalan komponen, sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Form Worksheet Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)

Item Number	Item Function ID	Potential Failure Mode	Failure Mechanism	Severity (S)	Failure Rate (λp)	Failure Rate Probability	Failure Mode Ratio (c)	Operating Time (t)	Failure Mode Criticality Number (Cm)	Item Criticality	Item Criticality Ranking
-------------	------------------	------------------------	-------------------	--------------	-------------------	--------------------------	------------------------	--------------------	--------------------------------------	------------------	--------------------------

Sumber: Department of The US Army, (2006)

Criticality Analysis adalah metode pengukuran terhadap efek dari suatu model kerusakan yang bisa terjadi pada peralatan atau sistem. *Criticality Analysis* (CA) dapat digunakan untuk:

1. Memberikan perankingan pada setiap potensi *failure mode* yang ada pada komponen
2. Menentukan *criticality number* dan *criticality ranking* pada komponen yang mengalami kegagalan

d. Pareto Diagram

Penentuan komponen kritis berdasarkan hukum Pareto berarti 20% komponen mewakili 80% dari jumlah seluruh komponen (Grosfeld-Nir et al., 2007). Tujuan utama dari diagram Pareto adalah untuk mencari atau mengetahui prioritas tertinggi suatu permasalahan dan merupakan kunci penyelesaian permasalahan dengan cara membandingkannya dengan keseluruhan (Auliandri & Kurniastuti, 2016).

e. Pembuatan MVSM

MVSM adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan alur kegiatan pemeliharaan untuk mengidentifikasi pemborosan. Pemborosan ini terjadi pada setiap aktivitas pemeliharaan yang tidak memberikan nilai tambah pada proses pemeliharaan (Kurniawati & Muzaki, 2017). Pendekatan dengan metode MVSM dilakukan untuk menurunkan *waste* dalam aktivitas pemeliharaan komponen mesin (Togap et al., 2023). Pada *maintenance value stream map* (MVSM) terdapat dua aktivitas yaitu:

1. *Value Added* adalah aktivitas perawatan yang dapat memberikan nilai tambah atau manfaat terhadap peralatan
 - a. $MTTR = \text{Mean Time To Repair}$ (waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan memelihara peralatan)
2. *Non Value Added* (NVA) adalah aktivitas yang tidak dapat memberikan nilai tambah
 - a. $MTTO = \text{Mean Time To Organize}$ (aktivitas yang digunakan untuk melakukan pengorganisasian)
 - b. $MTTY = \text{Mean Time To Yield}$ (Pemeriksaan apakah mesin telah berfungsi sebagaimana mestinya)

(Ade et al., 2022)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Komponen Alat CNC Plasma Cutting Machine

Berikut merupakan komponen dan fungsi komponen *CNC Plasma Cutting Machine* yang ada pada perusahaan galangan kapal, sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Komponen *CNC Plasma Cutting machine*

No	Komponen	Fungsi
1	Tombol <i>Power</i> atau <i>Button</i>	Menyalakan atau mematikan mesin
2	Power Supply (Power Panel Cutting)	Mensuplai arus listrik untuk menjalankan proses <i>cutting</i>
3	Monitor CNC	Penerima dan memproses perintah awal serta pengontrol proses dari <i>cutting</i> dan <i>marking</i>
4	Kontaktor Plasma	Pengatur <i>power panel</i> dan pengendali plasma
5	Gas Utility Supplies	Sebagai sumber atau suplai gas untuk menjalankan <i>oxyprocess cutting</i>

Lanjutan Tabel 3. 1 Komponen *CNC Plasma Cutting Machine*

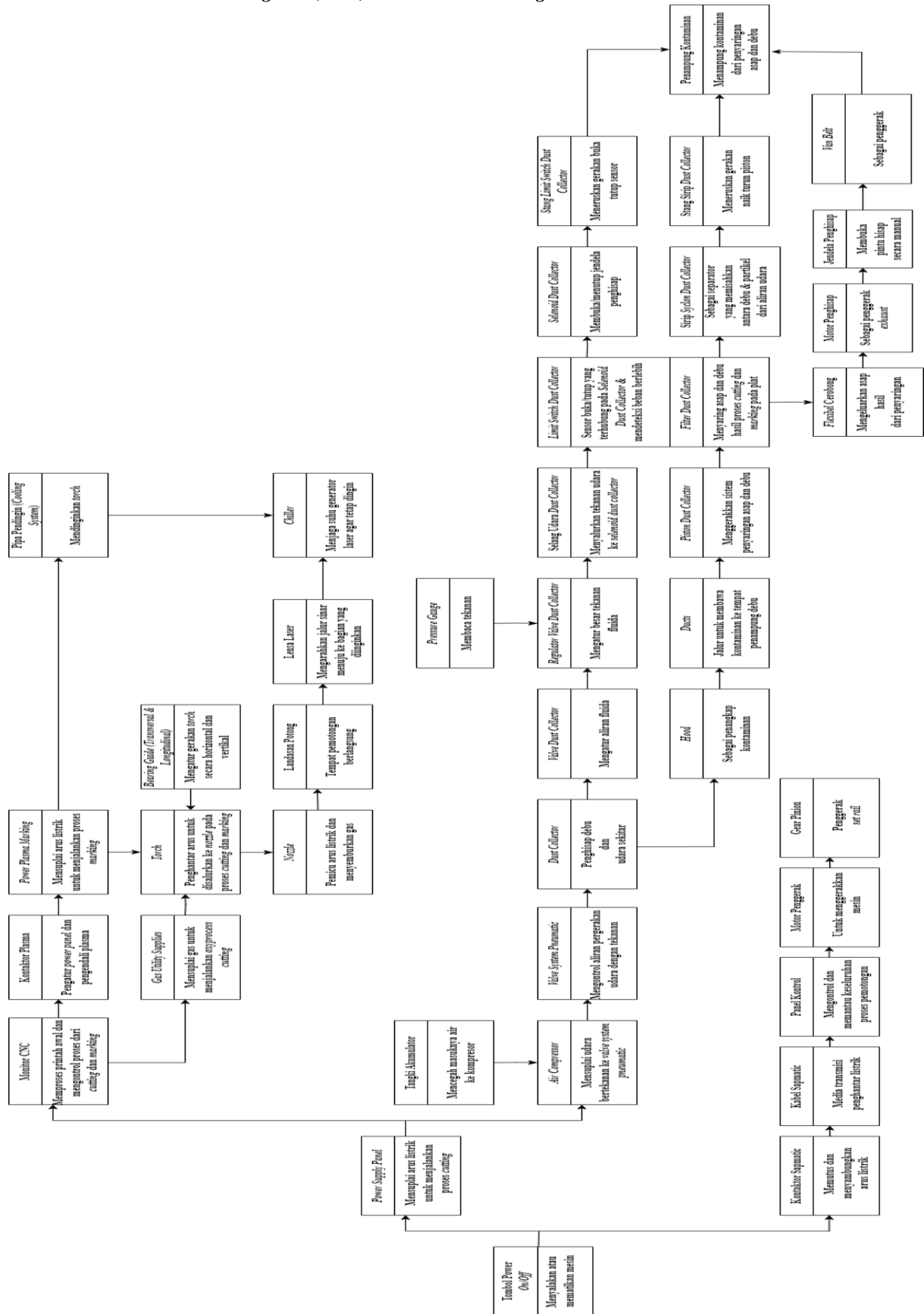
No	Komponen	Fungsi
6	Power Plasma Marking	Mensuplai arus listrik untuk menjalankan proses <i>marking</i>
7	Torch Cutting	Penghantar arus untuk disalurkan ke <i>nozzle</i> pada proses <i>cutting</i>
8	Torch Marking	Penghantar arus untuk disalurkan ke <i>nozzle</i> pada proses <i>marking</i>
9	Bearing guide (transversal & Longitudinal)	Mengatur pergerakan <i>torch</i> secara horizontal dan vertical
10	Nozzle	Pemicu arus listrik dan menyemburkan gas
11	Pipa Pendingin atau <i>Cooling System</i>	Mendinginkan torch plasma dan torch marking
12	Landasan Potong (Kisi-kisi)	Tempat pemotongan berlangsung
13	Lensa Laser	Mengarahkan jalur sinar laser menuju bagian yang diinginkan
14	Chiller	Menjaga suhu generator laser agar tetap dingin
15	Panel Kontrol	Mengontrol dan memantau keseluruhan proses pemotongan
16	Motor Penggerak	Inti dari sistem pergerakan mesin
17	Gear Pinion	Penggerak <i>set rail</i>
18	Air Compressor	Menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian disuplai ke <i>valve system pneumatic</i>
19	Valve System Pneumatik	Mengontrol pergerakan aliran udara dengan tekanan
20	Kontaktor <i>Sapmatic</i>	Memutuskan dan menyambungkan arus listrik
21	Kabel Sapmatic	Media transmisi penghantar listrik
22	Dust Collector	Penghisap debu serta udara disekitar
23	Hood	Sebagai penangkap kontaminan
24	Ducts	Sebagai penggerak atau penghubung beberapa komponen di mesin
25	Motor Penghisap	Sebagai penggerak <i>exhaust</i>
26	Flexible Cerobong	Mengeluarkan asap hasil dari filter
27	Van-belt	Sebagai penggerak atau penghubung beberapa komponen di mesin
28	Penampung Kontaminan	Menampung kontaminan hasil dari filter asap dan debu

Lanjutan **Tabel 3. 1** Komponen *CNC Plasma Cutting Machine*

No	Komponen	Fungsi
29	Jendela Penghisap Manual/Pintu <i>Exhaust</i>	Membuka pintu hisap secara manual
30	Tangki Akumulator	Mencegah masuknya air ke kompressor
31	Pressure Gauge	Membaca tekanan
32	Piston Dust Collector	Menggerakkan atau mengontrol sistem penyaringan asap dan debu
33	Air Cleaner/ Filter Dust Collector	Menyaring asap dan debu hasil proses <i>cutting</i> dan <i>marking</i> pada plat
34	Sirip Syclon Dust Collector	Sebagai separator yang memisahkan antara debu dan partikel dari aliran udara
35	Stang Sirip Dust Collector	Meneruskan gerakan naik turun piston
36	Selang Udara/Selang Angin <i>Dust Collector</i>	Menyalurkan tekanan udara ke <i>solenoid dust collector</i>
37	Solenoid Dust Collector	Membuka tutup jendela penghisap
38	Limit Switch Dust Collector	Sebagai sensor buka/ tutup yang terhubung pada <i>Solenoid Dust Collector</i> serta mendeteksi beban berlebih
39	Stang Limit Switch Dust Collector	Meneruskan gerakan buka tutup sensor
40	Valve Dust Collector	Mengatur aliran pneumatic atau angin
41	Regulator Valve Dust Collector	Mengatur besar tekanan pneumatic atau angin

Sumber: Perusahaan Galangan Kapal (2023)

b. Functional Block Diagram (FBD) CNC Plasma Cutting Machine



Gambar 3. 1 Functional Block Diagram CNC Plasma Cutting Machine

c. **Failure Mode Effect Analysis & Criticality Analysis (FMECA)**

Berikut merupakan contoh *form worksheet* FMECA dari salah satu dari tiga komponen pada *CNC Plasma Cutting Machine* yang mempunyai tingkat kekritisitas tinggi yaitu pada komponen *filter dust collector* dimana merupakan komponen yang mempunyai nilai kekritisitas tinggi dan menandakan bahwa komponen tersebut sering mengalami kegagalan:

Tabel 3. 3 *Form Worksheet* FMECA

<i>Item Number</i>	<i>Item Function ID</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Failure Mechanism</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Failure Rate (λp)</i>	<i>Failure Rate Probability (β)</i>	<i>Failure Mode Ratio (α)</i>	<i>Operating Time (t)</i>	<i>Failure Mode Criticality Number (Cm)</i>	<i>Item Criticality Number (Cr)</i>	<i>Item Criticality Ranking (Crss)</i>
33	<u>Air Cleaner/F ilter Dust ollector</u>	<i>Filter Dust Collector</i>	Faktor Usia	6	0,00005	1	1	43.800	0,219	0,219	1,314

Berdasarkan tabel 3. 3 *form worksheet FMECA* pada komponen *filter dust collector* diketahui nilai *criticality ranking* sebesar 1,314 dengan nilai *severity* sebesar 6. Hal tersebut sesuai dengan penelitian dari (Fauzia et al., 2023) yang menyatakan bahwa selang udara *dust collector* dengan nilai perhitungan Cr tertinggi merupakan komponen yang sering mengalami kegagalan.

d. **Maintenance Value Stream Map (MVSM)**

Berdasarkan hasil *pareto diagram* menunjukkan bahwa terdapat 3 komponen yang merupakan 20% komponen mewakili 80% potensi kegagalan yaitu komponen *filter dust collector*, *van-belt*, dan penampung konaminan.

Tabel 3. 4 Hasil *Pareto Diagram* Komponen Kritis Pada *CNC Plasma Cutting Machine*

Equipment	Item Criticality Ranking	% Kumulatif	Jumlah Kumulatif
<i>Filter Dust Collector</i>	1,314	9%	9%
<i>Van-belt</i>	1,0512	7%	16%
Penampung Kontaminan	0,876	6%	21%
<i>Sirip Syclon Dust Collector</i>	0,876	6%	27%
<i>Limit Switch Dust Collector</i>	0,876	6%	33%
<i>Regulator Valve Dust Collector</i>	0,657	4%	37%
<i>Control Panel</i>	0,5256	3%	41%

Selanjutnya dilakukan pembuatan *current state map* untuk menentukan aktivitas perawatan dari salah satu dari ketiga komponen *CNC Plasma Cutting Machine* yaitu komponen *filter dust collector* berdasarkan wawancara dengan *expert judgement*. Hasil dari *expert judgement* digambarkan sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Hasil *Current State Map* Perawatan Komponen *Filter Dust Collector*

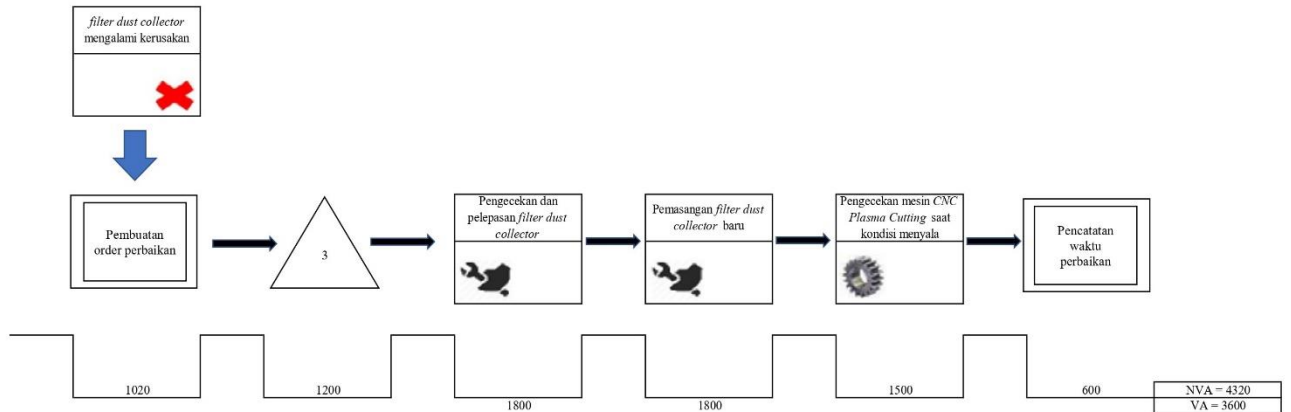
No.	Rincian Kegiatan Perbaikan	Durasi (detik)	Kategori MMLT	Kategori Aktivitas
1	<i>Equipment breakdown</i>	-	-	-
2	Penyiapan berkas dan pembuatan order perbaikan	1020	MTTO	NVA
3	Menunggu pihak <i>maintenance</i> yang bertugas	1200	MTTO	NVA
4	Pengecekan dan pelepasan <i>filter dust collector</i>	1800	MTTR	VA
5	Pemasangan <i>filter dust collector</i> baru	1800	MTTR	VA
6	Pengecekan mesin <i>CNC Plasma Cutting</i> secara keseluruhan	1500	MTTY	NVA
7	Pencatatan waktu perbaikan	600	MTTO	NVA
JUMLAH (MMLT)		7920		
MTTO		2820		
MTTR		3600		
MTTY		1500		

Value Added activity (VA) = MTTR = 3600 detik

Non Value Added activity (NVA) = MTTO + MTTY
= 2820 + 1200
= 4320 detik

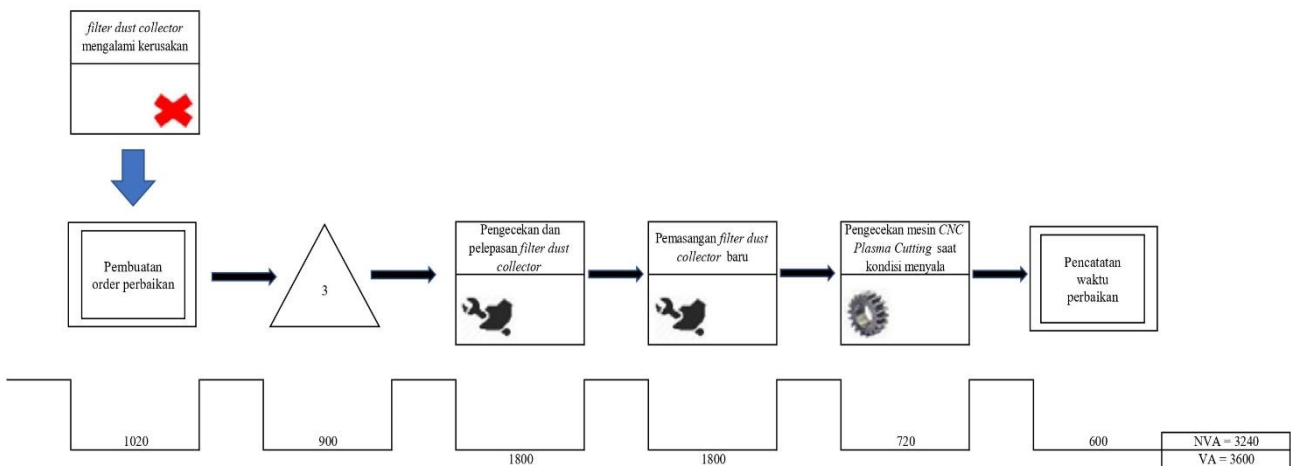
% VA activity = $\frac{MTTR}{MMLT} \times 100\%$
= $\frac{3600}{7920} \times 100\% = 45,45\%$

% NVA activity = $\frac{MTTO + MTTY}{MMLT} \times 100\%$
= $\frac{4320}{7920} \times 100\% = 54,54\%$



Gambar 3. 2 Framework Current State Map Komponen Filter Dust Collector

Setelah itu dilakukan pembuatan *future state map* sebagai usulan kegiatan perawatan yang lebih efektif dan efisien pada komponen *filter dust collector*. Berdasarkan wawancara dengan *expert judgement* menyatakan bahwa selambat-lambatnya pihak maintenance menuju ke tempat mesin yang mengalami kerusakan adalah 15 menit atau 900 detik setelah adanya order perbaikan. Acuan tersebut digunakan sebagai pengganti waktu *delay* pada *future state map* dan menghasilkan penurunan nilai *not value added* (NVA). Berikut merupakan *future state map* dari komponen *Filter Dust Collector*:



Gambar 3. 3 Framework Future State Map Komponen Filter Dust Collector

$$\text{Value Added activity (VA)} = \text{MTTR} = 3600 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Non Value Added activity (NVA)} &= \text{MTTO} + \text{MTTY} \\ &= 2520 + 720 \\ &= 3240 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ VA activity} &= \frac{\text{MTTR}}{\text{MMLT}} \times 100\% \\ &= \frac{3600}{6840} \times 100\% = 52,63\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ NVA activity} &= \frac{\text{MTTO} + \text{MTTY}}{\text{MMLT}} \times 100\% \\ &= \frac{3240}{6840} \times 100\% = 43,37\% \end{aligned}$$

Maka, efisiensi perawatan untuk perbaikan komponen *filter dust collector* sebesar 52,63%

4. KESIMPULAN

Hasil analisis yang telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi perawatan pada *CNC Plasma Cutting Machine* menggunakan metode *Maintenance Value Stream Map* (MVSM) menunjukkan bahwa *current state map* pada komponen *filter dust collector* dengan *value added* (VA) sebesar 45,45% dan *not value added* (NVA) sebesar 54,54%, sedangkan pada *future state map* menunjukkan penurunan pada nilai *not value added* dari 54,54% menjadi 43,37% dan peningkatan *value added* dari 45,45% menjadi 52,63%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini, seperti Pihak Ahli K3 Perusahaan, pihak *maintenance*, operator *CNC Plasma Cutting Machine*, dan dosen pembimbing karena atas bantuan dan dukungan mereka penelitian ini dapat terselesaikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ade, R., Rofi, S., Achmadi, F., Industri, M. T., & Industri, F. T. (2022). Strategi Perawatan pada Recompressor Cooler dengan Metode MVSM dan. *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan II*, 145–151.
- Auliandri & Kurniastuti. (2016). Evaluasi On-Time Performance Pada Maskapai Tiger Airways Rute Surabaya-Singapura Dengan Menggunakan Diagram Kontrol, Diagram Pareto, Dan Diagram Sebab-Akibat. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 152(3), 28.
- Department of The US Army. (2006). *Failure Modes , Effects and Criticality Analysis (Fmeca) for Command , Control , Communications , Computer , Intelligence , Surveillance , Facilities. Technical Manual*, 698(September), 1– 75.
- Fauzia, A. R., Santoso, M. Y., & Rachmat, A. N. (2023). *Penerapan FMECA Untuk Analisis Kegagalan Komponen CNC Plasma Cutting Di Perusahaan Galangan Kapal*. 2581.
- Irfan, S., & Rusiyanto, R. (2021). Perancangan CNC Plasma Cutting Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(1), 1.
- Kurniawati, D. A., & Muzaki, M. L. (2017). Analisis Perawatan Mesin dengan Pendekatan RCM dan MVSM. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16(2), 89.
- Muhaemin, G., & Nugraha, A. E. (2022). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 205–219.
- Nurwahidah A, Basri M, A. C. A. (2023). *Identifikasi Perawatan Mesin Pemberi Pakan Dengan Metode Maintenance Value Stream Mapping (Mvsm) Pada Perusahaan Pakan Ternak*. 121–126.
- Papazoglou, I. A. (1998). Functional block diagrams and automated construction of event trees. *Reliability Engineering and System Safety*, 61(3), 185–214.
- Rahman, A. (2021). Penggunaan Metode Fmeca (Failure Modes Effects Criticality Analysis) Dalam Identifikasi Titik Kritis Di Industri Kemasan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(1), 110–119.
- Sezer, S. I., Ceylan, B. O., Akyuz, E., & Arslan, O. (2022). D-S evidence based FMECA approach to assess potential risks in ballast water system (BWS) on-board tanker ship. *Journal of Ocean Engineering and Science*, xxx.
- Sodikin, I., Isna Oesman, T., & Rianda Putra, F. (2018). Aktivitas Perawatan Mesin Menggunakan Maintenance Value Stream Map (Mvsm) Dan Identifikasi Human Error Dengan Pendekatan Cognitive Reliability and Error Analysis Method (Cream). *Simposium Nasional RAPI XVII FT UMS*, 07526, 73–81.
- Syarifudin, A., & Putra, J. T. (2021). Analisa Risiko Kegagalan Komponen pada Excavator Komatsu 150LC dengan Metode FTA dan FMEA DI PT. XY. *Jurnal InTent*, 4(2), 1–10.
- Togap, E., Sihombing, S., Nursanti, E., & Hariyanto, S. (2023). *Untuk Menurunkan Waste Dengan Metode Mvsm*. 6(2), 208–211.
- Zefri, R., Wulandari, D. A., & Suripin. (2022). Analisis Risiko Kegagalan Bendungan Paselloreng Dengan Metode Pohon Kejadian (Event Tree). *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 8(2 SE-Articles), 149–160.