

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil ini merupakan hasil dari proses pengumpulan data yang telah dilakukan, yang mencakup data sekunder dan primer. Pengumpulan data tersebut melibatkan observasi langsung, wawancara mendalam, dan survei komprehensif untuk memastikan akurasi data yang akan digunakan dalam pembahasan meliputi pengolahan data.

4.1.1 Data Jam Kerja Mesin

PT Bahagia Jaya Sejahtera memiliki jam kerja mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W selama 8 jam, dengan waktu aktif bekerja selama 7 jam dan waktu istirahat selama 1 jam setiap hari kerja, mulai dari pukul 08.00 hingga pukul 16.00 WIB. Istirahat dilakukan pada pukul 12.00-13.00 WIB atau selama 1 jam. Jam operasional berlangsung dari hari Senin hingga Sabtu, sedangkan hari Minggu libur.

4.1.2 Data Komponen Mesin

Mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W memiliki komponen yang berperan penting dalam operasinya. Berikut adalah komponen yang ada pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W:

1. *Main Engine*
2. *Control System*
3. *Operation Panel Assembly*
4. *Longitudinal Guide Rail Assembly*
5. *Lifting Motor Line*
6. *Gas Supply Interface*
7. *Transverse Guide Rail Assembly*
8. *Power Cord*
9. *Lifting Device Assembly*
10. *Torch Gripper Assembly*
11. *Torch Assembly*

4.1.3 Data Kerusakan Mesin

Selain data komponen mesin, terdapat juga catatan mengenai kerusakan mesin yang mengakibatkan *unplanned downtime*, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W. Data kerusakan ini mencakup periode dari bulan Juli sampai dengan Desember 2023, yang terdokumentasikan dalam Tabel 4.1. Total *unplanned downtime* dihitung dari (jam akhir kerusakan – jam awal kerusakan). Sebagai contoh pada bulan Juli = (09.20 - 08.10) = 1,17 jam.

Tabel 4. 1 Data Kerusakan Mesin

No	Bulan	Tanggal	Jam Awal Kerusakan	Jam Akhir Kerusakan	Total Unplanned Downtime (Jam)
1	Juli	13/07/2023	08.10	09.20	1,17
2		20/07/2023	08.00	09.00	1
3		24/07/2023	10.30	11.35	1,08
Total					3,25
1	Agustus	03/08/2023	13.50	14.20	0,50
2		14/08/2023	09.10	11.30	2,33
3		26/08/2023	09.34	10.40	1,10
Total					3,93
1	September	06/09/2023	10.20	10.50	0,50
2		16/09/2023	13.00	14.00	1
3		29/09/2023	13.20	14.00	0,67
4		30/09/2023	09.00	12.00	3
Total					5,17
1	Oktober	18/10/2023	15.00	16.00	1
Total					1
1	November	01/11/2023	11.00	12.00	1
2		06/11/2023	14.15	15.15	1
3		25/11/2023	08.44	09.24	0,67
4		30/11/2023	08.30	10.50	2,33
Total					5
1	Desember	21/12/2023	10.12	11.00	0,80
Total					0,80

(Sumber: PT Bahagia Jaya Sejahtera, 2023)

4.1.4 Data Planned Downtime Mesin

Berikut ini merupakan data *planned downtime* (waktu yang direncanakan) untuk melakukan perawatan pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W, meliputi kegiatan perawatan mesin yang dilakukan secara menyeluruh setiap hari, dan *setting* mesin yang dilakukan saat mesin mulai dioperasikan. Total *planned downtime* dihitung dari (perawatan mesin per hari + *setting* mesin per hari)

x jumlah hari. Sebagai contoh pada bulan Juli = $(0,25 \text{ jam} + 0,25 \text{ jam}) \times 25 \text{ hari} = 12,50 \text{ jam}$. Data *planned downtime* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data *Planned Downtime* Mesin

Bulan	Jumlah Hari	Perawatan Mesin Per Hari (Jam)	Setting Mesin Per Hari (Jam)	Total Planned Downtime (Jam)
Juli	25	0,25	0,25	12,50
Agustus	26	0,25	0,25	13
September	25	0,25	0,25	12,50
Oktober	26	0,25	0,25	13
November	26	0,25	0,25	13
Desember	25	0,25	0,25	12,50

(Sumber: PT Bahagia Jaya Sejahtera, 2023)

4.1.5 Data Total Produksi dan Defect

Berikut diketahui data total produksi plat dan *defect* pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W, selama periode bulan Juli sampai dengan Desember 2023. Untuk jam kerja mesin dihitung dari (jumlah hari x 7 jam aktif kerja mesin). Sebagai contoh pada bulan Juli = $(25 \text{ hari} \times 7 \text{ jam}) = 175 \text{ jam}$. Data total produksi dan *defect* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Total Produksi dan Defect

Bulan	Jumlah Hari	Jam Kerja Mesin (Jam)	Total Produksi (Pcs)	Total Defect (Pcs)
Juli	25	175	145	26
Agustus	26	182	150	35
September	25	175	143	25
Oktober	26	182	153	28
November	26	182	150	20
Desember	25	175	147	23
Total			888	157

(Sumber: PT Bahagia Jaya Sejahtera, 2023)

4.2 Pembahasan

Pembahasan ini merupakan proses pengolahan data yang dilakukan menggunakan OEE dan RCM.

4.2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Perhitungan OEE dilakukan selama enam bulan, mulai dari bulan Juli hingga Desember 2023, dengan tujuan mengukur nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W. Untuk menghitung OEE diperlukan tiga aspek yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Perhitungan OEE dihitung dengan mengalikan nilai tiga aspek tersebut.

OEE digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi sejauh mana tingkat efektivitas dan produktivitas mesin dalam meningkatkan efisiensi proses produksi. Perhitungan OEE dilakukan pada bulan Juli 2023, sedangkan perhitungan pada bulan Agustus sampai dengan Desember 2023 tercantum pada Lampiran 5.

1. Perhitungan OEE bulan Juli 2023

a. Ketersediaan (*Availability*)

Dalam perhitungan OEE, langkah pertama menghitung nilai *availability*. Nilai *availability* menunjukkan waktu penggunaan yang tersedia untuk operasi mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W. Berikut merupakan perhitungan nilai *availability*.

$$Availability = \left[\frac{Operation\ time}{Loading\ time} \right] \times 100\%$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Loading\ time &= Total\ available\ time - Planned\ downtime \\ &= 175\ jam - 12,50\ jam \\ &= 162,50\ jam \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Downtime &= Unplanned\ downtime + Planned\ downtime \\ &= 3,25\ jam + 12,50\ jam \\ &= 15,75\ jam \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Operation\ time &= Loading\ time - Downtime \\ &= 162,50\ jam - 15,75\ jam \\ &= 146,75\ jam \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Availability &= \left[\frac{Operation\ time}{Loading\ time} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{146,75\ jam}{162,50\ jam} \right] \times 100\% \\ &= 0,90 = 90\% \end{aligned}$$

b. Tingkat kinerja (*Performance*)

Nilai *performance* menunjukkan kemampuan kinerja mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W dalam menghasilkan produk yang diproduksi. Berikut merupakan perhitungan nilai *performance*.

$$Performance = \left[\frac{Processed\ amount \times Ideal\ cycle\ time}{Operation\ time} \right] \times 100\%$$

Penyelesaian:

$$Processed\ amount = 145\ Pcs$$

$$Operation\ time = 146,75\ jam$$

$$\begin{aligned} Ideal\ cycle\ time &= \frac{Processed\ amount}{Operation\ time} \\ &= \frac{145\ Pcs}{146,75\ jam} \\ &= 0,99\ Pcs/jam \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Performance &= \left[\frac{Processed\ amount \times Ideal\ cycle\ time}{Operation\ time} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{145\ Pcs \times 0,99\ Pcs/jam}{146,75\ jam} \right] \times 100\% \\ &= 0,98 = 98\% \end{aligned}$$

c. Tingkat kualitas (*Quality*)

Quality merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W menghasilkan produk yang sesuai standar.

$$Quality = \left[\frac{Processed\ amount - Defect\ process}{Processed\ amount} \right] \times 100\%$$

Penyelesaian:

$$Processed\ amount = 145\ Pcs$$

$$Defect\ process = 26\ Pcs$$

Maka:

$$\begin{aligned} Quality &= \left[\frac{Processed\ amount - Defect\ process}{Processed\ amount} \right] \times 100\% \\ &= \left[\frac{145\ Pcs - 26\ Pcs}{145\ Pcs} \right] \times 100\% \\ &= 0,82 = 82\% \end{aligned}$$

Sehingga, untuk perhitungan OEE yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} OEE &= [Availability \times Performance \times Quality] \times 100\% \\ &= [0,90 \times 0,98 \times 0,82] \times 100\% \\ &= 0,72 = 72\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui nilai *availability*, *performance*, *quality*, dan OEE pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC–1500W selama periode bulan Juli sampai dengan Desember 2023 sebagaimana terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Nilai OEE

Bulan	<i>Availability</i>	<i>Performance</i>	<i>Quality</i>	OEE
Juli	90%	98%	82%	72%
Agustus	90%	97%	77%	67%
September	89%	97%	83%	72%
Oktober	92%	97%	82%	73%
November	89%	99%	77%	68%
Desember	92%	97%	84%	75%
Rata-Rata	90%	98%	81%	71%

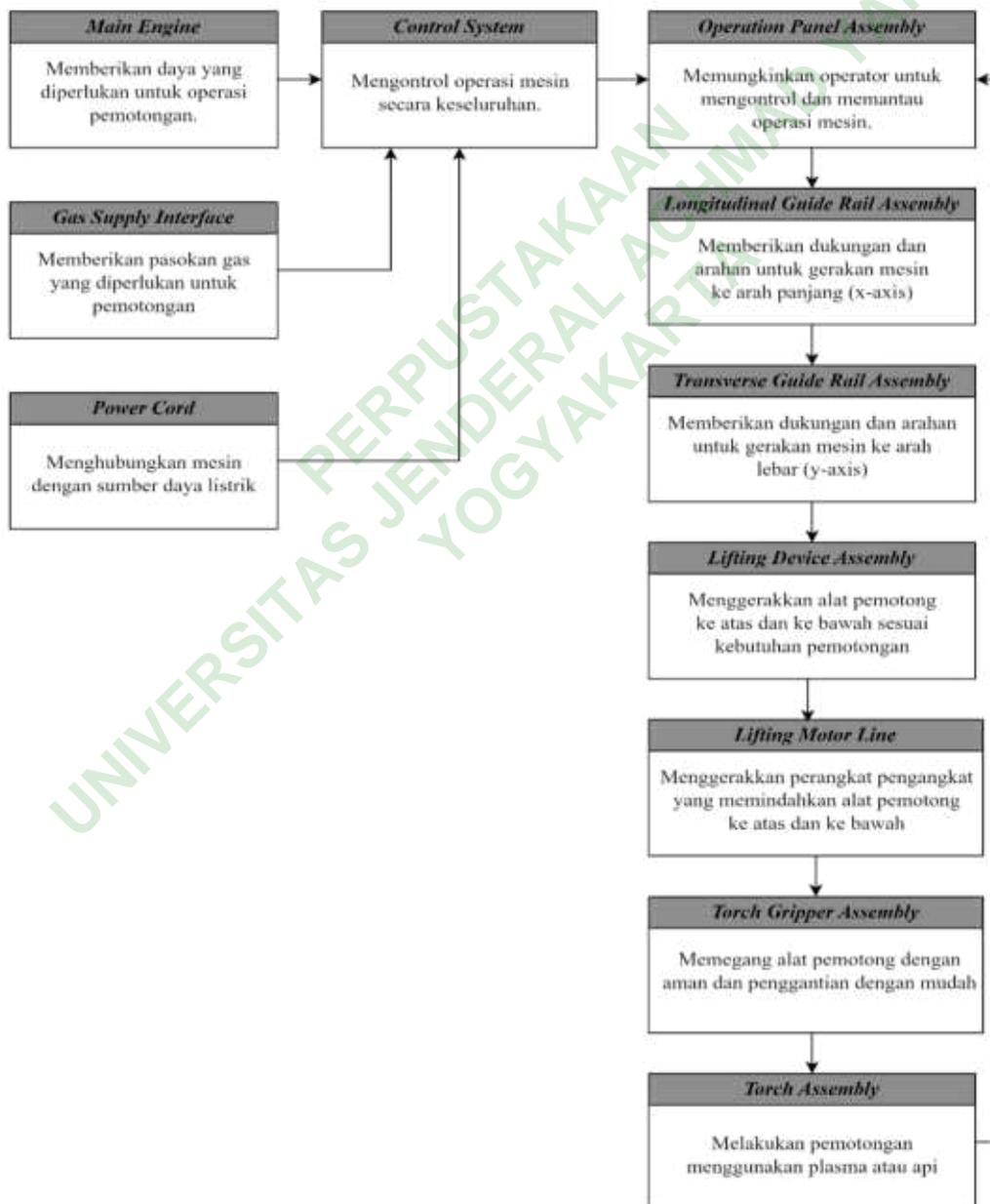
(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Hasil pengolahan data terhadap perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) menunjukkan bahwa rata-rata ketersediaan (*availability*) mencapai 90%, tingkat kinerja (*performance*) mencapai 98%, dan tingkat kualitas (*quality*) mencapai 81%. Nilai rata-rata OEE keseluruhan adalah 71%, sehingga nilai OEE berada dalam kategori rendah karena di bawah standar minimum sebesar 85% yang dianggap wajar untuk produksi. Jika tidak dilakukan perbaikan, beberapa konsekuensi yang mungkin terjadi adalah penurunan produktivitas, peningkatan biaya produksi, penurunan kualitas produk, dan *downtime* yang lebih sering. Selain itu, mesin yang tidak efisien juga dapat menyebabkan kepuasan pelanggan menurun akibat produk cacat atau keterlambatan pengiriman, serta meningkatkan risiko kecelakaan kerja yang membahayakan keselamatan karyawan. Oleh karena itu, diperlukan tindakan perbaikan segera untuk meningkatkan performa mesin dan memastikan nilai OEE mencapai atau melebihi standar minimum 85%. Tindakan perbaikan ini dapat dilakukan salah satunya melalui pemeliharaan rutin yang meliputi perawatan preventif secara berkala, dan tindakan perawatan untuk mengoptimalkan performa mesin.

4.2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

4.2.2.1 Mengidentifikasi keterkaitan fungsi komponen dengan *Function Block Diagram (FBD)*

Functional Block Diagram (FBD) digunakan untuk mengidentifikasi keterkaitan fungsi komponen-komponen mesin CNC *Plasma and Flame Cutting HNC-1500W* untuk memenuhi fungsi utamanya. Gambar 4.1 merupakan gambar *Functional Block Diagram (FBD)* pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting HNC-1500W*.



Gambar 4. 1 FBD Pada Mesin CNC *Plasma and Flame Cutting HNC-1500W*

Gambar 4.1, menampilkan hubungan dan fungsi setiap komponen dalam mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W. Dalam operasional mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W, *Main Engine* menghasilkan daya yang dibutuhkan untuk pemotongan, yang dikendalikan secara keseluruhan oleh *Control System* melalui *Operation Panel Assembly*. Gerakan mesin dalam sumbu x dan y didukung oleh *Longitudinal* dan *Transverse Guide Rail Assembly*, sementara *Lifting Motor Line* dan *Lifting Device Assembly* bertanggung jawab atas pergerakan vertikal alat pemotong. Pasokan gas yang diperlukan untuk pemotongan disediakan oleh *Gas Supply Interface*, sementara *Power Cord* menghubungkan mesin dengan sumber daya listrik. Sebelum pemotongan dimulai, *Torch Gripper Assembly* memegang alat pemotong dengan aman dan memfasilitasi penggantian, sementara *Torch Assembly* menggunakan *plasma* atau api untuk melakukan pemotongan sesuai dengan kebutuhan. Dengan keterkaitan yang terkoordinasi antara semua komponen, mesin dapat menjalankan operasi pemotongan dengan presisi tinggi dan efisiensi yang optimal, memastikan hasil akhir yang berkualitas sesuai dengan kebutuhan aplikasi pemotongan.

4.2.2.2 Menentukan komponen kritis dengan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

Dalam menentukan komponen kritis pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W dengan FMEA, dibutuhkan informasi dari semua komponen mesin yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kerusakan fungsional. Pengumpulan informasi melibatkan pengajuan kuesioner serta diskusi bersama dengan kepala produksi, kepala *maintenance*, dan operator mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W. Adapun informasi yang berhasil didapatkan sebagaimana terlihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 FMEA Pada Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W

FMEA Worksheet		SISTEM: Operasi Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
		SUBSISTEM: Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
Part/Process	Function	Functional failure	Failure modes	Failure effect	S	Cause of failure	O	Current controls	D
Main Engine	Memberikan daya yang diperlukan untuk operasi pemotongan	Kerusakan dalam menyediakan daya yang cukup	Overheating	Mengganggu operasi mesin		Overheating karena pelumasan yang tidak memadai atau kerusakan sistem pendingin		Perbaikan atau pemeriksaan setelah terjadi kerusakan total	
			Short circuit	Menghasilkan pemotongan yang tidak akurat		Short circuit disebabkan oleh kebocoran arus atau kerusakan isolasi kabel			
			Kerusakan mekanis	Menyebabkan kerusakan pada mesin		Kerusakan mekanis karena komponen internal yang aus atau rusak			
Control System	Mengontrol operasi mesin secara keseluruhan	Kerusakan dalam mengatur gerakan dan parameter pemotongan	Kerusakan perangkat keras	Pemotongan tidak terkendali		Kerusakan perangkat keras karena komponen elektronik yang aus atau rusak		Reset atau menyalakan ulang sistem setelah terjadinya kerusakan perangkat lunak	
			Kerusakan Perangkat lunak	Kesalahan geometri		Kerusakan perangkat lunak karena bug atau kesalahan dalam pemrograman			
			Kehilangan koneksi	Berhenti total dari operasi mesin		Kehilangan koneksi disebabkan oleh kabel yang longgar atau putus, atau gangguan sinyal			

FMEA Worksheet		SISTEM: Operasi Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
		SUBSISTEM: Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
Part/Process	Function	Functional failure	Failure modes	Failure effect	S	Cause of failure	O	Current controls	D
<i>Operation Panel Assembly</i>	Memungkinkan operator untuk mengontrol dan memantau operasi mesin	Kerusakan tombol, layar, atau komponen kontrol lainnya	Tombol macet	Kesulitan dalam mengoperasikan mesin		Tombol macet karena keausan atau penumpukan debu dan kotoran		Pembersihan dan perbaikan komponen hanya ketika masalah ditemukan	
			Layar rusak	Kesulitan dalam mengoperasikan mesin		Layar rusak karena kerusakan fisik atau kerusakan sirkuit internal			
			Kehilangan koneksi	Penundaan dalam produksi		Kehilangan koneksi karena kabel atau konektor yang longgar atau putus			
<i>Longitudinal Guide Rail Assembly</i>	Memberikan dukungan dan arahan untuk gerakan mesin ke arah panjang (x-axis)	Kerusakan dalam memberikan arahan yang tepat	Kerusakan pada rel	Kesalahan posisi arah gerakan		Kerusakan pada rel karena keausan mekanis, pelumasan yang tidak memadai, atau kontaminasi oleh debu dan partikel		Pelumasan dan penyetoran setelah masalah terdeteksi	
			Kehilangan koneksi	Hasil pemotongan yang tidak akurat		Kehilangan koneksi karena kesalahan dalam pemasangan atau keausan komponen penghubung			
<i>Lifting Motor Line</i>	Menggerakkan perangkat pengangkat yang memindahkan alat pemotong ke	Kerusakan dalam menggerakkan perangkat pengangkat	Putusnya kabel	Tidak dapat menyesuaikan ketinggian alat pemotong dengan benar		Putusnya kabel karena keausan atau beban berlebih		Perbaikan atau penggantian setelah terjadinya kerusakan	

FMEA Worksheet		SISTEM: Operasi Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
		SUBSISTEM: Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
Part/Process	Function	Functional failure	Failure modes	Failure effect	S	Cause of failure	O	Current controls	D
	atas dan ke bawah		Kerusakan pada motor	Tidak dapat menyesuaikan ketinggian alat pemotong dengan benar		Motor rusak karena <i>overheating</i> atau beban berlebih			
			Sensor tidak berfungsi	Mengganggu proses pemotongan		Sensor tidak berfungsi karena kerusakan elektronik atau koneksi yang longgar			
Gas Supply Interface	Memberikan pasokan gas yang diperlukan untuk pemotongan	Kerusakan dalam menyediakan gas atau tekanan gas yang tepat	Katup bocor	Pemotongan tidak dapat dilakukan		Katup bocor karena segel yang rusak atau aus		Perbaiki atau penggantian komponen pasokan gas yang rusak	
			Pasokan gas terputus	Kualitas pemotongan yang buruk		Pasokan gas terputus karena kerusakan regulator atau kerusakan pada pipa gas			
Transverse Guide Rail Assembly	Memberikan dukungan dan arahan untuk gerakan mesin ke arah lebar (y-axis)	Kerusakan dalam memberikan arahan yang tepat	Kerusakan pada rel	Kesalahan posisi arahan untuk gerakan mesin		Kerusakan pada rel karena keausan mekanis, pelumasan yang tidak memadai, atau kontaminasi oleh debu dan partikel <i>abrasive</i>		Perbaiki dan pelumasan hanya ketika ada keluhan tentang gerakan	
			Kehilangan koneksi	Hasil pemotongan yang tidak akurat.		Kehilangan koneksi karena kesalahan dalam pemasangan atau keausan komponen penghubung			

FMEA Worksheet		SISTEM: Operasi Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
		SUBSISTEM: Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
Part/Process	Function	Functional failure	Failure modes	Failure effect	S	Cause of failure	O	Current controls	D
Power Cord	Menghubungkan mesin dengan sumber daya listrik	Kerusakan dalam mengirimkan daya listrik yang diperlukan	Putusnya kabel	Berhenti total dari operasi mesin		Putusnya kabel karena keausan atau kerusakan mekanis		Penyambungan kembali atau perbaikan setelah terjadi kerusakan	
			Gangguan pada soket listrik	Risiko kebakaran atau kejutan listrik		Gangguan pada soket listrik karena konektor yang longgar atau rusak, atau kelebihan arus listrik			
Lifting Device Assembly	Menggerakkan alat pemotong ke atas dan ke bawah sesuai kebutuhan pemotongan	Kerusakan dalam menggerakkan alat pemotong	Kerusakan motor	Ketidakmampuan untuk melakukan pemotongan pada berbagai ketebalan material		Motor rusak karena <i>overheating</i> atau beban berlebih		Pelumasan dan pemeriksaan mekanis hanya setelah terjadinya masalah	
			Mekanisme pemotong macet	Ketidakmampuan untuk melakukan pemotongan pada berbagai ketebalan material		Mekanisme macet karena keausan atau pelumasan yang tidak memadai			
			Sensor tidak berfungsi	Operasi pemotongan tidak dapat dilakukan		Sensor tidak berfungsi karena kerusakan elektronik atau koneksi yang longgar			
Torch Gripper Assembly	Memegang alat pemotong dengan aman dan	Kerusakan dalam memegang alat pemotong atau	Kerusakan pada klem	Alat pemotong menjadi tidak stabil selama pemotongan		Kerusakan pada klem karena keausan atau penggunaan yang berlebihan		Penyelarasan kembali atau perbaikan setelah	

FMEA Worksheet		SISTEM: Operasi Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
		SUBSISTEM: Mesin CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W							
Part/Process	Function	Functional failure	Failure modes	Failure effect	S	Cause of failure	O	Current controls	D
	memungkinkan penggantian yang mudah	penguncian yang tidak stabil	Mekanisme penguncian terkunci	Hasil pemotongan tidak akurat		Mekanisme penguncian yang terkunci karena penumpukan debu atau kotoran, atau keausan mekanis		terjadi masalah jepitan	
Torch Assembly	Melakukan pemotongan menggunakan plasma atau api	Kerusakan dalam menghasilkan aliran gas panas yang diperlukan	Nozzle tersumbat	Pemotongan tidak akurat		Nozzle tersumbat karena penumpukan partikel		Penggantian komponen yang aus atau rusak	
			Kerusakan elektroda	Cacat pada hasil pemotongan		Kerusakan elektroda karena keausan atau <i>overheating</i>			

Pada tahap berikutnya, masing-masing komponen mesin telah didapatkan informasi dari semua komponen mesin yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kerusakan fungsional yang dijabarkan pada Tabel 4.5. Selanjutnya, menentukan tingkat kekritisan berdasarkan nilai S, O, D nya. Nilai S, O, D ditentukan oleh tiga responden yang dijadikan obyek penelitian ini.

Penentuan nilai S, O, dan D didasarkan pada kriteria skala 1-10 yang tercantum dalam landasan teori pada Tabel 2.2 (*Severity*), Tabel 2.3 (*Occurrence*), dan Tabel 2.4 (*Detection*) dalam penelitian. Penilaian *Severity* dinilai dari aspek *function*, *functional failure*, *failure modes*, dan *failure effect* karena aspek-aspek ini langsung menggambarkan dampak kerusakan terhadap sistem atau proses, memberikan gambaran yang jelas tentang seberapa serius konsekuensi kerusakan tersebut. Peringkat *Severity* diberikan dalam skala 1-10, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan dampak yang lebih serius. Penilaian *Occurrence* dinilai dari aspek *cause of failure* karena penyebab kerusakan memberikan indikasi tentang frekuensi terjadinya kerusakan berdasarkan data historis dan kondisi operasional. Peringkat *Occurrence* juga diberikan dalam skala 1-10, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan frekuensi kerusakan

yang lebih sering. Penilaian *Detection* dinilai dari aspek *current controls* karena kontrol yang ada menentukan seberapa besar kemungkinan kerusakan dapat dideteksi sebelum menyebabkan masalah serius, sehingga menunjukkan efektivitas mekanisme deteksi yang ada. Peringkat *Detection* diberikan dalam skala 1-10, dengan nilai yang lebih rendah menunjukkan kemungkinan deteksi yang lebih tinggi.

Hasil penilaian ini kemudian digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus $RPN = S \times O \times D$. Penilaian ini membantu dalam menentukan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan tingkat risiko yang diidentifikasi, dengan fokus utama pada komponen dengan RPN tertinggi. Penilaian S, O, D untuk seluruh komponen mesin dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Penilaian S, O, D Pada Komponen Mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W

<i>Part/Process</i>	<i>Severity (S)</i>				<i>Occurance (O)</i>				<i>Detection (D)</i>			
	Responden				Responden				Responden			
	K.Produksi	K.Maintenance	O.Mesin	Rata-rata	K.Produksi	K.Maintenance	O.Mesin	Rata-rata	K.Produksi	K.Maintenance	O.Mesin	rata-rata
<i>Main Engine</i>	7	7	7	7	3	2	3	2,67	9	10	10	9,67
<i>Control System</i>	6	6	6	6	1	1	1	1	7	7	7	7
<i>Operation Panel Assembly</i>	6	6	6	6	1	1	1	1	7	8	8	7,67
<i>Longitudinal Guide Rail Assembly</i>	4	4	4	4	1	1	1	1	8	8	8	8
<i>Lifting Motor Line</i>	4	4	4	4	1	1	1	1	8	8	8	8
<i>Gas Supply Interface</i>	4	4	4	4	1	1	1	1	8	8	8	8
<i>Transverse Guide Rail Assembly</i>	4	4	4	4	1	1	1	1	8	8	8	8
<i>Power Cord</i>	8	8	8	8	1	1	1	1	7	7	7	7
<i>Lifting Device Assembly</i>	6	6	6	6	1	1	1	1	8	8	8	8

<i>Part/Process</i>	<i>Severity (S)</i>				<i>Occurance (O)</i>				<i>Detection (D)</i>			
	Responden				Responden				Responden			
	K.Produksi	K.Maintenance	O.Mesin	Rata-rata	K.Produksi	K.Maintenance	O.Mesin	Rata-rata	K.Produksi	K.Maintenance	O.Mesin	rata-rata
<i>Torch Gripper Assembly</i>	4	4	4	4	1	1	1	1	8	8	8	8
<i>Torch Assembly</i>	4	4	4	4	3	3	4	3,33	8	8	8	8

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
YOGYAKARTA

Berdasarkan nilai S, O, D diatas, selanjutnya dihitung nilai RPN untuk masing-masing komponen mesin. Nilai RPN dihitung dengan mengalikan nilai S, O, dan D. Sebagai contoh untuk komponen *Main Engine*, perhitungannya adalah $7 \times 2,67 \times 9,67 = 180,53$. Hasil hitungan nilai RPN untuk semua komponen mesin dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Nilai RPN

<i>Part/Process</i>	S	O	D	RPN
<i>Main Engine</i>	7	2,67	9,67	180,53
<i>Control System</i>	6	1	7	42
<i>Operation Panel Assembly</i>	6	1	7,67	46,02
<i>Longitudinal Guide Rail Assembly</i>	4	1	8	32
<i>Lifting Motor Line</i>	4	1	8	32
<i>Gas Supply Interface</i>	4	1	8	32
<i>Transverse Guide Rail Assembly</i>	4	1	8	32
<i>Power Cord</i>	8	1	7	56
<i>Lifting Device Assembly</i>	6	1	8	48
<i>Torch Gripper Assembly</i>	4	1	8	32
<i>Torch Assembly</i>	4	3,33	8	106,66
Total				639,21

Berdasarkan hasil perhitungan RPN yang didapatkan dengan mengalikan faktor *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai kritis RPN dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai kritis RPN} &= \frac{\text{Total nilai RPN}}{\text{Jumlah Part}} \\
 &= \frac{639,21}{11} \\
 &= 58,11
 \end{aligned}$$

Maka komponen kritis mesin *CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W* adalah komponen *Main Engine* dengan nilai RPN 180,53 dan komponen *Torch Assembly* dengan nilai RPN 106,66, karena melebihi nilai kritis RPN yaitu 58,11.

4.2.2.3 Perhitungan waktu kerusakan (TTF) dan perhitungan waktu perbaikan kerusakan (TTR) komponen kritis

Untuk menghitung waktu kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan kerusakan (TTR) pada komponen kritis, digunakan data kerusakan mesin selama

jam kerja mulai pukul 08.00 hingga pukul 16.00, dengan waktu istirahat dari pukul 12.00 hingga 13.00 atau selama 1 jam.

TTF (*Time to Failure*) adalah interval waktu antara kerusakan mesin hingga diperbaiki dan kemudian rusak lagi. Sedangkan TTR (*Time to Repair*) adalah lama interval waktu yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan mesin.

1. *Main Engine*

Berikut merupakan contoh perhitungan TTF dan TTR untuk kerusakan komponen *Main Engine* pada tanggal 20 Juli 2023 sampai dengan 14 Agustus 2023 adalah:

- a. Pada tanggal 20 Juli 2023, terjadi awal kerusakan pukul 08.00 sampai dengan akhir kerusakan pukul 09.15 dengan TTR selama 1,25 jam, TTR dihitung dengan mengurangi waktu akhir kerusakan dengan waktu awal kerusakan. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 12.00 maka dikurang 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- b. Pada tanggal 20 Juli 2023, waktu interval antara kerusakan akhir pada jam 09.15 sampai dengan jam akhir kerja jam 16.00 adalah 5,75 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 12.00 maka dikurang 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- c. Pada tanggal 14 Agustus 2023, terjadi kerusakan pada jam 09.10 maka antara jam mulai kerja jam 08.00 sampai dengan jam terjadi kerusakan jam 09.10 terdapat selang 1,17 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 12.00 maka dikurang 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- d. Antara tanggal 20 Juli 2023 sampai dengan 14 Agustus 2023, banyaknya hari kerja 21 hari kerja atau sama dengan 21 hari kerja x 7 jam kerja/hari = 147 jam.
- e. TTF atau selang waktu antar kerusakan pada tanggal 20 Juli 2023 sampai dengan 14 Agustus 2023 adalah $5,75 + 1,17 + 147 = 153,92$ jam.

Tabel 4.8 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan TTF dan TTR pada komponen *Main Engine*.

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan TTF dan TTR Komponen *Main Engine*

No	Tanggal	Waktu Awal Kerusakan	Waktu Akhir Kerusakan	TTR (Jam)	Waktu Akhir Kerusakan - Jam Kerja Selesai (Jam)	Jam Mulai Kerja - Waktu Awal Kerusakan (Jam)	Jumlah Hari x 7 Jam Aktif Kerja (Jam)	TTF (Jam)
1	20/07/2023	08.00	09.15	1,25	-	-	-	-
2	14/08/2023	09.10	11.30	2,33	5,75	1,17	147	153,92
3	16/09/2023	13.00	14.45	1,75	3,50	4	196	203,50
4	30/09/2023	09.00	12.00	3	1,25	1	77	79,25
5	06/11/2023	13.00	16.00	3	3	4	217	224
6	30/11/2023	10.15	11.00	0,75	0	2,25	147	149,25

2. *Torch Assembly*

Berikut merupakan contoh perhitungan TTF dan TTR untuk kerusakan komponen *Torch Assembly* pada tanggal 13 Juli 2023 sampai dengan 24 Juli 2023 adalah:

- a. Pada tanggal 13 Juli 2023, terjadi awal kerusakan pukul 08.10 sampai dan akhir kerusakan pukul 09.20 dengan TTR selama 1,17 jam, TTR dihitung dengan mengurangi waktu akhir kerusakan dengan waktu awal kerusakan. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 12.00 maka dikurang 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- b. Pada tanggal 13 Juli 2023, waktu interval antara kerusakan akhir pada jam 09.20 sampai dengan jam akhir kerja jam 16.00 adalah 5,67 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 12.00 maka dikurang 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- c. Pada tanggal 24 Juli 2023, terjadi kerusakan pada jam 10.00 maka antara jam mulai kerja jam 08.00 sampai dengan jam terjadi kerusakan jam 10.00 terdapat selang 2 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 12.00 maka dikurang 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- d. Antara tanggal 13 Juli 2023 sampai dengan 24 Juli 2023, banyaknya hari kerja 8 hari kerja atau sama dengan 8 hari kerja x 7 jam kerja/hari = 56 jam.
- e. TTF atau selang waktu antar kerusakan pada tanggal 13 Juli 2023 sampai dengan 24 Juli 2023 adalah $5,67 + 2 + 56 = 63,67$ jam.

Tabel 4.9 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan TTF dan TTR pada komponen *Torch Assembly*.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan TTF dan TTR Komponen *Torch Assembly*

No	Tanggal	Waktu Awal Kerusakan	Waktu Akhir Kerusakan	TTR (Jam)	Waktu Akhir Kerusakan - Waktu Kerja Selesai (Jam)	Waktu Mulai Kerja - Waktu Awal Kerusakan (Jam)	Jumlah Hari x 7 Jam Aktif Kerja (Jam)	TTF (Jam)
1	13/07/2023	08.10	09.20	1,17	-	-	-	-
2	24/07/2023	10.00	11.45	1,75	5,67	2	56	63,67
3	03/08/2023	13.50	14.20	0,50	3,25	4,83	63	71,08
4	26/08/2023	09.40	10.40	1	1,67	1,67	133	136,33
5	06/09/2023	10.20	10.50	0,50	4,33	2,33	63	69,67
6	29/09/2023	13.20	14.00	0,67	4,17	4,33	133	141,50
7	18/10/2023	15.00	16.00	1	2	6	112	120
8	01/11/2023	11.00	12.00	1	0	3	84	87
9	25/11/2023	08.44	09.24	0,67	3	0,73	147	150,73
10	21/12/2023	10.12	11.00	0,80	5,60	2,20	154	161,80

4.2.2.4 Uji *goodness of fit test* untuk waktu kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan kerusakan (TTR) komponen kritis

Setelah mengetahui nilai waktu kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan kerusakan (TTR) untuk komponen kritis pada perhitungan di atas. Langkah selanjutnya adalah menentukan jenis distribusi, dengan melakukan uji *goodness of fit test* menggunakan *Software Easyfit 5.5 Profesional* yang mengacu pada nilai *Kolmogorov Smirnov*, sehingga diperoleh jenis distribusi untuk data yang ada.

1. Uji *goodness of fit test* waktu perbaikan kerusakan (TTR)

Tahapan-tahapan penggunaan *Software Easyfit 5.5 Profesional* untuk melakukan uji *goodness of fit test* adalah sebagai berikut:

- Data TTR dimasukkan ke dalam *Software Easyfit 5.5 Profesional*.
- Setelah itu, menu *Fit Distribution* dipilih.
- Langkah berikutnya adalah munculnya *Input Data*, kemudian opsi *Continuous* pada *Data Domain* dipilih dan klik OK.
- Langkah terakhir adalah memilih menu *Goodness of Fit Test*, dan hasilnya akan ditampilkan pada *worksheet Software Easyfit 5.5 Profesional*.

Berikut merupakan hasil uji *goodness of fit test* untuk waktu perbaikan (TTR) komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

- 1) Hasil uji *goodness of fit test* waktu perbaikan kerusakan (TTR) komponen *Main Engine*

Tabel 4. 10 Hasil Uji *Goodness of Fit Test* TTR Komponen *Main Engine*

No.	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
1.	Exponential	0,311	4
2.	Lognormal	0,19648	3
3.	Normal	0,18979	2
4.	Weibull	0,18039	1

Berdasarkan hasil nilai statistik pada Tabel 4.10, distribusi *Weibull* memiliki nilai statistik terkecil 0,18039 dan diberi peringkat pertama, menunjukkan kesesuaian terbaik dengan data. Distribusi Normal berada di peringkat kedua dengan nilai 0,18979, diikuti oleh distribusi Lognormal di peringkat ketiga dengan nilai 0,19648, dan distribusi Eksponensial di peringkat terakhir dengan nilai 0,311. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi *Weibull* paling cocok untuk data yang diuji, sedangkan distribusi Eksponensial, Lognormal, dan Normal kurang cocok.

- 2) Hasil uji *goodness of fit test* waktu perbaikan kerusakan (TTR) komponen *Torch Assembly*

Tabel 4. 11 Hasil Uji *Goodness of Fit Test* TTR Komponen *Torch Assembly*

No.	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
1.	Exponential	0,42413	4
2.	Lognormal	0,17564	1
3.	Normal	0,20085	2
4.	Weibull	0,22853	3

Berdasarkan hasil nilai statistik pada Tabel 4.11, distribusi Lognormal memiliki nilai statistik terkecil 0,17564 dan diberi peringkat pertama, menunjukkan kesesuaian terbaik dengan data. Distribusi Normal berada di peringkat kedua dengan nilai 0,20085, diikuti oleh distribusi *Weibull* di peringkat ketiga dengan nilai 0,22853, dan distribusi Eksponensial di peringkat terakhir dengan nilai 0,42413. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi Lognormal paling cocok untuk data yang diuji, sedangkan distribusi Eksponensial, Normal, dan *Weibull* kurang cocok.

2. Uji *goodness of fit test* untuk waktu kerusakan (TTF)

Tahapan-tahapan penggunaan *Software Easyfit 5.5 Profesional* untuk melakukan uji *goodness of fit test* adalah sebagai berikut:

- Data TTR dimasukkan ke dalam *Software Easyfit 5.5 Profesional*.
- Setelah itu, menu *Fit Distribution* dipilih.
- Langkah berikutnya adalah munculnya *Input Data*, kemudian opsi *Continuous* pada *Data Domain* dipilih dan klik OK.
- Langkah terakhir adalah memilih menu *Goodness of Fit Test*, dan hasilnya akan ditampilkan pada *worksheet Software Easyfit 5.5 Profesional*.

Berikut merupakan hasil uji *goodness of fit test* untuk waktu kerusakan (TTF) komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

- Hasil uji *goodness of fit test* waktu kerusakan (TTF) komponen *Main Engine*

Tabel 4. 12 Hasil Uji *Goodness of Fit Test* TTF Komponen *Main Engine*

No.	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
1.	Exponential	0,40203	4
2.	Lognormal	0,27501	2
3.	Normal	0,2104	1
4.	Weibull	0,32398	3

Berdasarkan hasil nilai statistik pada Tabel 4.12, distribusi Normal memiliki nilai statistik terkecil 0,2104 dan diberi peringkat pertama, menunjukkan kesesuaian terbaik dengan data. Distribusi Lognormal berada di peringkat kedua dengan nilai 0,27501, diikuti oleh distribusi *Weibull* di peringkat ketiga dengan nilai 0,32398, dan distribusi Eksponensial di peringkat terakhir dengan nilai 0,40203. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi Normal paling cocok untuk data yang diuji, sedangkan distribusi Eksponensial, Lognormal, dan *Weibull* kurang cocok.

- Hasil uji *goodness of fit test* waktu kerusakan (TTF) komponen *Torch Assembly*

Tabel 4. 13 Hasil Uji *Goodness of Fit Test* TTF Komponen *Torch Assembly*

No.	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
1.	Exponential	0,43561	4
2.	Lognormal	0,21717	3
3.	Normal	0,18594	1

No.	Distribution	Kolmogorov Smirnov	
		Statistic	Rank
4.	Weibull	0,19413	2

Berdasarkan nilai statistik pada Tabel 4.13, distribusi Normal memiliki nilai statistik terkecil 0,18594 dan diberi peringkat pertama, menunjukkan kesesuaian terbaik dengan data. Distribusi *Weibull* berada di peringkat kedua dengan nilai 0,19413, diikuti oleh distribusi Lognormal di peringkat ketiga dengan nilai 0,21717, dan distribusi Eksponensial di peringkat terakhir dengan nilai 0,43561. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi Normal paling cocok untuk data yang diuji, sedangkan distribusi Eksponensial, Lognormal, dan *Weibull* kurang cocok.

Dari hasil uji *goodness of fit test* di atas, distribusi dengan nilai *Kolmogorov Smirnov* terkecil dipilih untuk waktu kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan kerusakan (TTR) pada komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*. *Kolmogorov Smirnov* adalah uji statistik yang digunakan untuk menentukan kesesuaian distribusi data terhadap distribusi teoritis. Nilai statistik *Kolmogorov Smirnov* yang lebih kecil menunjukkan kesesuaian yang lebih baik antara data dan distribusi teoritis. Berikut adalah rekapitulasi hasil uji *goodness of fit test* TTR dan TTF pada komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Hasil Uji *Goodness of Fit Test* TTR dan TTF

TTR		
Part/Process	Distribution	Statistic
<i>Main Engine</i>	<i>Weibull</i>	0,18039
<i>Torch Assembly</i>	Lognormal	0,17564
TTF		
Part/Process	Distribution	Statistic
<i>Main Engine</i>	Normal	0,2104
<i>Torch Assembly</i>	Normal	0,18594

4.2.2.5 Perhitungan parameter waktu kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan kerusakan (TTR) komponen kritis

Setelah menyelesaikan uji *goodness of fit test*, langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan parameter waktu kerusakan (TTF) dan waktu perbaikan kerusakan (TTR) pada komponen kritis dengan menggunakan *Software Easyfit 5.5*

Profesional. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari parameter (β , θ , λ , μ) berdasarkan jenis distribusi yang telah ditentukan.

1. Perhitungan parameter waktu perbaikan kerusakan (TTR)

Tahapan-tahapan penggunaan *Software Easyfit 5.5 Profesional* untuk melakukan perhitungan parameter adalah sebagai berikut:

- Data TTR dimasukkan ke dalam *Software Easyfit 5.5 Profesional*.
- Setelah itu, menu *Fit Distribution* dipilih.
- Kemudian muncul *Input Data*, di mana opsi *Continuous* pada *Data Domain* dipilih dan diklik OK.
- Selanjutnya, menu *Summary* dipilih, dan hasil parameter akan muncul pada *worksheet Software Easyfit 5.5 Profesional*.

Berikut merupakan hasil perhitungan parameter untuk waktu perbaikan kerusakan (TTR) komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Parameter TTR Komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*

<i>Part/Process</i>	<i>Distribution</i>	<i>Parameter</i>
<i>Main Engine</i>	<i>Weibull</i>	$\alpha = 1,6323$ $\beta = 2,1576$
<i>Torch Assembly</i>	<i>Lognormal</i>	$\sigma = 0,37181$ $\mu = -0,16938$

Berdasarkan Tabel 4.15, hasil perhitungan parameter TTR untuk komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly* mengikuti distribusi *Weibull* dan *Lognormal*. Untuk komponen *Main Engine*, distribusi *Weibull* digunakan dengan parameter $\alpha = 1,6323$ dan $\beta = 2,1576$. Distribusi *Weibull* memberikan gambaran tentang kecenderungan tingkat perbaikan yang dapat diandalkan dari waktu ke waktu. Sementara itu, untuk komponen *Torch Assembly* menggunakan distribusi *Lognormal* dengan parameter $\sigma = 0,37181$ dan $\mu = -0,16938$. Distribusi *Lognormal* memberikan gambaran tentang pola waktu perbaikan di mana sebagian besar perbaikan terjadi dalam rentang waktu yang singkat, sementara beberapa perbaikan memakan waktu yang lebih lama.

2. Perhitungan parameter waktu kerusakan (TTF)

Tahapan-tahapan penggunaan *Software Easyfit 5.5 Profesional* untuk melakukan perhitungan parameter adalah sebagai berikut:

- Data TTR dimasukkan ke dalam *Software Easyfit 5.5 Profesional*.
- Setelah itu, menu *Fit Distribution* dipilih.
- Kemudian muncul *Input Data*, di mana opsi *Continuous* pada *Data Domain* dipilih dan diklik OK.
- Selanjutnya, menu *Summary* dipilih, dan hasil parameter akan muncul pada *worksheet Software Easyfit 5.5 Profesional*.

Berikut merupakan hasil perhitungan parameter untuk waktu kerusakan (TTF) komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Parameter TTF Komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*

<i>Part/Process</i>	<i>Distribution</i>	<i>Parameter</i>
<i>Main Engine</i>	Normal	$\sigma = 56,218$ $\mu = 161,98$
<i>Torch Assembly</i>	Normal	$\sigma = 38,615$ $\mu = 111,31$

Berdasarkan Tabel 4.16, hasil perhitungan TTF untuk komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly* mengikuti distribusi Normal. Untuk komponen *Main Engine*, distribusi Normal memiliki parameter $\sigma = 56,218$ dan $\mu = 161,98$. Sementara itu, komponen *Torch Assembly* juga mengikuti distribusi Normal dengan parameter $\sigma = 38,615$ dan $\mu = 111,31$. Distribusi Normal memberikan gambaran tentang di mana sebagian besar kerusakan berada di sekitar nilai rata-rata.

4.2.2.6 Perhitungan *Mean Time to Failure (MTTF)* dan *Mean Time to Repair (MTTR)* komponen kritis

Setelah mengetahui parameter dengan jenis distribusi yang sudah ditentukan, tahap selanjutnya ialah menghitung *Mean Time to Failure (MTTF)* dan *Mean Time to Repair (MTTR)* komponen kritis dengan parameter yang sudah diketahui pada perhitungan sebelumnya. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui rata-rata waktu antara kerusakan komponen (MTTF) dan rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen setelah kerusakan terjadi (MTTR). Tujuannya adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam

tentang keandalan dan kinerja operasional mesin, serta untuk mengidentifikasi dan memitigasi potensi masalah sebelum menyebabkan *downtime* yang signifikan. Setelah mengetahui MTTF, dapat direncanakan strategi pemeliharaan preventif yang lebih efektif, sehingga perlu dilakukan penentuan interval waktu perawatan untuk mencegah sebelum kerusakan terjadi. Sementara itu, MTTR memberikan informasi penting untuk mengoptimalkan proses perbaikan dan mengurangi waktu henti mesin. Berikut ini adalah perhitungan MTTF dan MTTR komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

1. *Mean Time to Repair* (MTTR)

Berikut merupakan perhitungan MTTR pada komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

a. *Main Engine*

Distribusi *Weibull*:

$$MTTR = \beta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right)$$

Nilai parameter:

$$\alpha = 1,6323$$

$$\beta = 2,1576$$

Menghitung fungsi *Gamma*:

$$\left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) = \left(1 + \frac{1}{1,6323} \right) = 1 + 0,61 = 1,61$$

Menghitung nilai fungsi *Gamma*:

$$\Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) = \Gamma(1,61) = 0,89$$

Menghitung nilai MTTR dari fungsi *Gamma* yang didapat:

$$MTTR = \beta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) = 2,1576 \times 0,89 = 1,92 \text{ jam}$$

Jadi, nilai MTTR untuk komponen *Main Engine* distribusi *Weibull* dengan parameter $\alpha = 1,6323$ dan $\beta = 2,1576$ adalah sekitar 1,92 jam. Hal ini mengindikasikan perkiraan waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan pada komponen *Main Engine* setelah terjadi kerusakan.

b. *Torch Assembly*

Distribusi Lognormal:

$$MTTR = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

Nilai parameter:

$$\sigma = 0,37181$$

$$\mu = -0,16938$$

Menghitung komponen eksponen:

$$\mu + \frac{\sigma^2}{2} = (-0,16938) + \frac{(0,37181)^2}{2} = (-0,16938) + 0,07 = -0,10$$

Menghitung nilai MTTR dari eksponen yang didapat:

$$MTTR = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} = e^{-0,10} = 0,90 \text{ jam}$$

Jadi, nilai MTTR untuk komponen *Torch Assembly* distribusi Lognormal dengan parameter $\sigma = 0,37181$ dan $\mu = -0,16938$ adalah sekitar 0,90 jam. Hal ini mengindikasikan perkiraan waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan pada komponen *Torch Assembly* setelah terjadi kerusakan.

2. **Mean Time to Failure (MTTF)**

Berikut merupakan perhitungan MTTF pada komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

a. *Main Engine*

Distribusi Normal:

$$MTTF = \mu$$

Nilai parameter:

$$\sigma = 56,218$$

$$\mu = 161,98$$

Menghitung nilai MTTF dari parameter yang diketahui:

$$MTTF = \mu = 161,98 \text{ jam} = 23 \text{ hari}$$

Jadi, nilai MTTF untuk komponen *Main Engine* distribusi Normal dengan parameter $\sigma = 56,218$ dan $\mu = 161,98$ adalah sekitar 161,98 jam atau 23 hari, karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 161,98 jam dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 23,14 hari, yang dibulatkan menjadi 23 hari. Hal ini mengindikasikan perkiraan rata-rata waktu operasional

sebelum komponen *Main Engine* mengalami kerusakan. Dengan demikian, diharapkan bahwa komponen ini berfungsi selama kira-kira 161,98 jam atau 23 hari sebelum mengalami kerusakan.

b. *Torch Assembly*

Distribusi Normal:

$$MTTF = \mu$$

Nilai parameter:

$$\sigma = 38,615$$

$$\mu = 111,31$$

Menghitung nilai MTTF dari parameter yang diketahui:

$$MTTF = \mu = 111,31 \text{ jam} = 16 \text{ hari}$$

Jadi, nilai MTTF untuk komponen *Torch Assembly* distribusi Normal dengan parameter $\sigma = 38,615$ dan $\mu = 111,31$ adalah sekitar 111,31 jam atau 16 hari, karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 111,31 jam dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 15,901 hari, yang dibulatkan menjadi 16 hari. Hal ini mengindikasikan perkiraan rata-rata waktu operasional sebelum komponen *Torch Assembly* mengalami kerusakan. Dengan demikian, diharapkan bahwa komponen ini berfungsi selama kira-kira 111,31 jam atau 16 hari sebelum mengalami kerusakan.

4.2.2.7 Perhitungan interval waktu perawatan optimal komponen kritis

Selanjutnya adalah perhitungan interval waktu perawatan untuk komponen kritis. Perhitungan ini untuk memastikan bahwa perawatan dilakukan secara optimal guna mencegah kerusakan mendadak dan meminimalkan *downtime*. Berikut merupakan perhitungan waktu interval perawatan pada komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*, yang didasarkan pada analisis nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) yang telah diperoleh sebelumnya. Sehingga dapat menentukan jadwal perawatan yang tepat. Perhitungan interval waktu perawatan ini untuk mengoptimalkan jadwal pemeliharaan, mengurangi risiko kerusakan, dan memastikan operasi yang lebih lancar dan efisien.

1. *Main Engine*

a. Menghitung rata-rata jam kerja per bulan (t)

- 1) Menentukan rata-rata hari kerja per bulan:

Berdasarkan data jam kerja mesin, untuk menghitung rata-rata hari kerja per bulan dalam periode 6 bulan, dengan jumlah total hari kerja 153 hari dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata hari kerja per bulan} = \frac{\text{Jumlah total hari kerja}}{\text{Jumlah bulan}}$$

Maka:

$$\text{Rata - rata hari kerja per bulan} = \frac{153 \text{ hari}}{6 \text{ bulan}} = 25,50 \text{ hari per bulan}$$

Dapat diketahui, rata-rata hari kerja per bulan adalah 25,50 hari per bulan.

- 2) Menentukan jam kerja per hari:

Berdasarkan data jam kerja mesin, satu hari kerja terdapat 7 jam kerja.

- 3) Menghitung rata-rata jam kerja per bulan (t):

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa rata-rata hari kerja per bulan adalah 25,50 hari per bulan, dan jam kerja per hari adalah 7 jam kerja. Untuk menghitung rata-rata jam kerja per bulan (t), dapat menggunakan persamaan berikut:

$$t = \text{Rata - rata hari kerja per bulan} \times \text{Jam kerja per hari}$$

Maka:

$$t = 25,50 \text{ hari} \times 7 \text{ jam} = 178,50 \text{ jam per bulan}$$

Dari perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa rata-rata jam kerja per bulan adalah 178,50 jam. Dengan mengetahui rata-rata jam kerja per bulan, bertujuan untuk menentukan berapa jam mesin bekerja rata-rata dalam satu bulan untuk memahami kapasitas kerja mesin.

b. Menentukan jumlah kerusakan

Dari data historis kerusakan *Main Engine* mengalami 6 kali kerusakan dalam 6 bulan.

c. Menghitung laju rata-rata perbaikan (μ)

- 1) Menentukan MTTR:

Dari perhitungan MTTR diketahui bahwa nilai MTTR *Main Engine* adalah 1,92 jam. Nilai MTTR ini menunjukkan waktu rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki *Main Engine* setiap kali terjadi kerusakan.

- 2) Menghitung frekuensi perbaikan per jam kerja:

Rata-rata jam kerja per bulan adalah 178,50 jam. Frekuensi perbaikan per jam kerja $\left(\frac{1}{\mu}\right)$, menunjukkan seberapa sering perbaikan terjadi dalam satu jam kerja. Untuk menghitung frekuensi perbaikan per jam kerja, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi perbaikan per jam kerja } \left(\frac{1}{\mu}\right) = \frac{MTTR}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}}$$

Maka:

$$\text{Frekuensi perbaikan per jam kerja } \left(\frac{1}{\mu}\right) = \frac{1,92}{178,50} = 0,011 = 1,1\%$$

Dapat diketahui 0,011 ini mengindikasikan bahwa dalam setiap jam kerja, ada kemungkinan sekitar 1,1% bahwa perbaikan akan diperlukan.

- 3) Menghitung laju rata-rata perbaikan (μ):

Untuk memperoleh nilai μ , dapat diambil kebalikan dari frekuensi perbaikan per jam kerja.

$$\text{Laju rata-rata perbaikan } (\mu) = \frac{1}{\left(\frac{1}{\mu}\right)}$$

Maka:

$$\text{Laju rata-rata perbaikan } (\mu) = \frac{1}{0,011} = 90,909 \text{ jam} = 13 \text{ hari}$$

Dapat diketahui laju rata-rata perbaikan sebesar 90,909 jam kerja. Hal ini mengindikasikan bahwa rata-rata waktu antara dua perbaikan berturut-turut adalah sekitar 90,909 jam kerja atau 13 hari, karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 90,909 jam kerja dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 12,987 hari, yang dibulatkan menjadi 13 hari. Oleh karena itu, setelah satu perbaikan selesai, komponen *Main Engine* dapat diharapkan beroperasi selama sekitar 90,909 jam atau 13 hari sebelum memerlukan perbaikan lagi.

- d. Menghitung laju rata-rata pemeriksaan (i)**

- 1) Menentukan waktu untuk 1 kali pemeriksaan:

Berdasarkan informasi yang didapatkan melalui wawancara dengan kepala *maintenance*, bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk satu kali pemeriksaan komponen *Main Engine* adalah 0,50 jam.

- 2) Menghitung frekuensi pemeriksaan per jam kerja:

Rata-rata jam kerja per bulan adalah 178,50 jam. Frekuensi pemeriksaan per jam kerja ($\frac{1}{i}$), menunjukkan seberapa sering pemeriksaan dilakukan dalam satu jam kerja. Untuk menghitung frekuensi pemeriksaan per jam kerja, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan per jam kerja } \left(\frac{1}{i}\right) = \frac{\text{Rata - rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{Rata - rata jam kerja per bulan}}$$

Maka:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan per jam kerja } \left(\frac{1}{i}\right) = \frac{0,50}{178,50} = 0,003 = 0,30\%$$

Dapat diketahui 0,003 ini mengindikasikan bahwa dalam setiap jam kerja, ada kemungkinan sekitar 0,30% bahwa pemeriksaan akan dilakukan.

- 3) Menghitung laju rata-rata pemeriksaan (i)

Untuk memperoleh nilai i , dapat diambil kebalikan dari frekuensi pemeriksaan per jam kerja.

$$\text{Laju rata - rata pemeriksaan } (i) = \frac{1}{\left(\frac{1}{i}\right)}$$

Maka:

$$\text{Laju rata - rata pemeriksaan } (i) = \frac{1}{0,003} = 333,333 \text{ jam} = 48 \text{ hari}$$

Dapat diketahui laju rata-rata pemeriksaan sebesar 333,333 jam kerja, Hal ini berarti bahwa rata-rata waktu antara dua pemeriksaan berturut-turut adalah sekitar 333,333 jam kerja atau 48 hari, karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 333,333 jam kerja dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 47,619 hari, yang dibulatkan menjadi 48 hari. Dengan kata lain, setelah satu pemeriksaan selesai, komponen *Main Engine* dapat diharapkan tidak perlu diperiksa lagi selama sekitar 333,333 jam kerja atau 48 hari.

- e. Menghitung rata-rata kerusakan per bulan (k)**

Dari data historis, kerusakan *Main Engine* mengalami 6 kali kerusakan dalam 6 bulan. Untuk menghitung rata-rata kerusakan *Main Engine* per bulan (k), dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata kerusakan per bulan } (k) = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 6 bulan}}{\text{Jumlah periode}}$$

Maka:

$$\text{Rata - rata kerusakan per bulan } (k) = \frac{6 \text{ kali}}{6 \text{ bulan}} = 1 \text{ kali kerusakan}$$

Dapat diketahui, berarti rata-rata kerusakan *Main Engine* adalah 1 kali per bulan.

f. Menghitung frekuensi pemeriksaan per bulan (n)

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa rata-rata kerusakan per bulan (k) adalah 1 kali, laju rata-rata pemeriksaan (i) adalah 333,333 jam kerja, dan laju rata-rata perbaikan (μ) adalah 90,909 jam kerja. Untuk menghitung frekuensi pemeriksaan per bulan (n) komponen *Main Engine*, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan optimal } (n) = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$$

Maka:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan optimal } (n) = \sqrt{\frac{1 \times 333,333}{90,909}} = 1,915 = 2 \text{ kali pemeriksaan}$$

Dapat diketahui, berarti pemeriksaan komponen *Main Engine* harus dilakukan sekitar 1,915 kali, yang dibulatkan menjadi 2 kali per bulan.

g. Interval waktu pemeriksaan

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa rata-rata jam kerja per bulan (t) adalah 178,50 jam, dan frekuensi pemeriksaan per bulan (n) adalah 1,915 kali. Untuk menghitung interval waktu pemeriksaan komponen *Main Engine*, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = \frac{\text{Rata - rata jam kerja per bulan } (t)}{\text{Frekuensi pemeriksaan per bulan } (n)}$$

Maka:

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = \frac{178,50 \text{ jam}}{1,915 \text{ kali}} = 93 \text{ jam} = 13 \text{ hari}$$

Jadi dapat diketahui, interval waktu perawatan untuk pemeriksaan komponen *Main Engine* dilakukan setiap 93 jam atau 13 hari karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 93 jam operasi dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 13,285 hari, yang dibulatkan menjadi 13 hari untuk keperluan penjadwalan pemeriksaan untuk komponen *Main Engine*.

2. *Torch Assembly*

a. Menghitung rata-rata jam kerja per bulan (t)

- 1) Menentukan rata-rata hari kerja per bulan:

Berdasarkan data jam kerja mesin, untuk menghitung rata-rata hari kerja per bulan dalam periode 6 bulan, dengan jumlah total hari kerja 153 hari dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata hari kerja per bulan} = \frac{\text{Jumlah total hari kerja}}{\text{Jumlah bulan}}$$

Maka:

$$\text{Rata - rata hari kerja per bulan} = \frac{153 \text{ hari}}{6 \text{ bulan}} = 25,5 \text{ hari per bulan}$$

Dapat diketahui, rata-rata hari kerja per bulan adalah 25,5 hari per bulan.

- 2) Menentukan jam kerja per hari:

Berdasarkan data jam kerja mesin, satu hari kerja terdapat 7 jam kerja.

- 3) Menghitung rata-rata jam kerja per bulan (t):

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa rata-rata hari kerja per bulan adalah 25,5 hari per bulan, dan jam kerja per hari adalah 7 jam kerja. Untuk menghitung rata-rata jam kerja per bulan (t), dapat menggunakan persamaan berikut:

$$t = \text{Rata - rata hari kerja per bulan} \times \text{Jam kerja per hari}$$

Maka:

$$t = 25,5 \text{ hari} \times 7 \text{ jam} = 178,50 \text{ jam per bulan}$$

Dari perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa rata-rata jam kerja per bulan adalah 178,50 jam. Dengan mengetahui rata-rata jam kerja per bulan, bertujuan untuk menentukan berapa jam mesin bekerja rata-rata dalam satu bulan untuk memahami kapasitas kerja mesin.

b. Menentukan jumlah kerusakan

Dari data historis kerusakan *Torch Assembly* mengalami 10 kali kerusakan dalam 6 bulan.

c. Menghitung laju rata-rata perbaikan (μ)

1) Menentukan MTTR:

Dari perhitungan MTTR diketahui bahwa nilai MTTR *Torch Assembly* adalah 0,90 jam. Nilai MTTR ini menunjukkan waktu rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki *Torch Assembly* setiap kali terjadi kerusakan.

2) Menghitung frekuensi perbaikan per jam kerja:

Rata-rata jam kerja per bulan adalah 178,50 jam. Frekuensi perbaikan per jam kerja ($\frac{1}{\mu}$), menunjukkan seberapa sering perbaikan terjadi dalam satu jam kerja. Untuk menghitung frekuensi perbaikan per jam kerja, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi perbaikan per jam kerja } \left(\frac{1}{\mu}\right) = \frac{MTTR}{\text{Rata-rata jam kerja per bulan}}$$

Maka:

$$\text{Frekuensi perbaikan per jam kerja } \left(\frac{1}{\mu}\right) = \frac{0,90}{178,50} = 0,005 = 0,50\%$$

Dapat diketahui 0,005 ini mengindikasikan bahwa dalam setiap jam kerja, ada kemungkinan sekitar 0,50% bahwa perbaikan akan diperlukan.

3) Menghitung laju rata-rata perbaikan (μ):

Untuk memperoleh nilai μ , dapat diambil kebalikan dari frekuensi perbaikan per jam kerja.

$$\text{Laju rata-rata perbaikan } (\mu) = \frac{1}{\left(\frac{1}{\mu}\right)}$$

Maka:

$$\text{Laju rata-rata perbaikan } (\mu) = \frac{1}{0,005} = 200 \text{ jam} = 29 \text{ hari}$$

Dapat diketahui laju rata-rata perbaikan sebesar 200 jam kerja. Hal ini mengindikasikan bahwa rata-rata waktu antara dua perbaikan berturut-turut adalah sekitar 200 jam kerja atau 29 hari, karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 200 jam kerja dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 28,571 hari, yang dibulatkan menjadi 29 hari. Oleh karena

itu, setelah satu perbaikan selesai, komponen *Torch Assembly* dapat diharapkan beroperasi selama sekitar 200 jam atau 29 hari sebelum memerlukan perbaikan lagi.

d. Menghitung laju rata-rata pemeriksaan (i)

1) Menentukan waktu untuk 1 kali pemeriksaan:

Berdasarkan informasi yang didapatkan melalui wawancara dengan kepala *maintenance*, bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk satu kali pemeriksaan komponen *Torch Assembly* adalah 0,25 jam.

2) Menghitung frekuensi pemeriksaan per jam kerja:

Rata-rata jam kerja per bulan adalah 178,50 jam. Frekuensi pemeriksaan per jam kerja ($\frac{1}{i}$), menunjukkan seberapa sering pemeriksaan dilakukan dalam satu jam kerja. Untuk menghitung frekuensi pemeriksaan per jam kerja, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan per jam kerja } \left(\frac{1}{i}\right) = \frac{\text{Rata - rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{Rata - rata jam kerja per bulan}}$$

Maka:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan per jam kerja } \left(\frac{1}{i}\right) = \frac{0,25}{178,50} = 0,001 = 0,10\%$$

Dapat diketahui 0,001 ini mengindikasikan bahwa dalam setiap jam kerja, ada kemungkinan sekitar 0,10% bahwa pemeriksaan akan dilakukan.

3) Menghitung laju rata-rata pemeriksaan (i)

Untuk memperoleh nilai i , dapat diambil kebalikan dari frekuensi pemeriksaan per jam kerja.

$$\text{Laju rata - rata pemeriksaan } (i) = \frac{1}{\left(\frac{1}{i}\right)}$$

Maka:

$$\text{Laju rata - rata pemeriksaan } (i) = \frac{1}{0,001} = 1.000 \text{ jam} = 143 \text{ hari}$$

Dapat diketahui laju rata-rata pemeriksaan sebesar 1.000 jam kerja, Hal ini berarti bahwa rata-rata waktu antara dua pemeriksaan berturut-turut adalah sekitar 1.000 jam kerja atau 143 hari, karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 1.000 jam kerja dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 142,857 hari, yang dibulatkan menjadi 143 hari. Dengan

kata lain, setelah satu pemeriksaan selesai, komponen *Torch Assembly* dapat diharapkan tidak perlu diperiksa lagi selama sekitar 1.000 jam kerja atau 143 hari.

e. Menghitung rata-rata kerusakan per bulan (k)

Dari data historis, kerusakan *Torch Assembly* mengalami 10 kali kerusakan dalam 6 bulan. Untuk menghitung rata-rata kerusakan *Torch Assembly* per bulan (k), dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata kerusakan per bulan } (k) = \frac{\text{Jumlah kerusakan selama 6 bulan}}{\text{Jumlah periode}}$$

Maka:

$$\text{Rata - rata kerusakan per bulan } (k) = \frac{10 \text{ kali}}{6 \text{ bulan}} = 1,667 = 2 \text{ kali kerusakan}$$

Dapat diketahui, berarti rata-rata kerusakan *Torch Assembly* adalah 1,667 kali atau 2 kali kerusakan per bulan.

f. Menghitung frekuensi pemeriksaan per bulan (n)

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa rata-rata kerusakan per bulan (k) adalah 1,667 kali, laju rata-rata pemeriksaan (i) adalah 1.000 jam kerja, dan laju rata-rata perbaikan (μ) adalah 200 jam kerja. Untuk menghitung frekuensi pemeriksaan per bulan (n) komponen *Torch Assembly*, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan optimal } (n) = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}}$$

Maka:

$$\text{Frekuensi pemeriksaan optimal } (n) = \sqrt{\frac{1,667 \times 1.000}{200}} = 2,887 = 3 \text{ kali pemeriksaan}$$

Dapat diketahui, berarti pemeriksaan komponen *Torch Assembly* harus dilakukan sekitar 2,887 kali, yang dibulatkan menjadi 3 kali per bulan.

g. Interval waktu pemeriksaan

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa rata-rata jam kerja per bulan (t) adalah 178,50 jam, dan frekuensi pemeriksaan per bulan (n) adalah 2,887 kali. Untuk menghitung interval waktu pemeriksaan komponen *Torch Assembly*, dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = \frac{\text{Rata - rata jam kerja per bulan (t)}}{\text{Frekuensi pemeriksaan per bulan (n)}}$$

Maka:

$$\text{Interval waktu pemeriksaan} = \frac{178,50 \text{ jam}}{2,887 \text{ kali}} = 62 \text{ jam} = 9 \text{ hari}$$

Jadi dapat diketahui, interval waktu perawatan untuk pemeriksaan komponen *Torch Assembly* dilakukan setiap 62 jam atau 9 hari karena mesin beroperasi sekitar 7 jam per hari. Dengan kata lain, 62 jam operasi dibagi dengan 7 jam per hari menghasilkan sekitar 8,857 hari, yang dibulatkan menjadi 9 hari untuk keperluan penjadwalan pemeriksaan komponen *Torch Assembly*.

4.2.2.8 Pemilihan tindakan perawatan komponen kritis

Setelah melakukan perhitungan interval waktu perawatan pada komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*, langkah selanjutnya adalah memilih tindakan perawatan untuk komponen kritis. Pemilihan ini bertujuan untuk menentukan tindakan yang tepat untuk setiap kerusakan yang terjadi pada mesin *CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W*. Proses ini melibatkan pengajuan kuesioner dan diskusi bersama dengan kepala produksi, kepala *maintenance*, dan operator mesin *CNC Plasma and Flame Cutting HNC-1500W*. Berikut adalah hasil dari pemilihan tindakan perawatan komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly*.

Tabel 4. 17 Hasil Pemilihan Tindakan Perawatan

Part/Process	Function	Failure Mode	Critically Analysis							Task Selection
			1	2	3	4	5	6	7	
<i>Main Engine</i>	Memberikan daya yang diperlukan untuk operasi pemotongan	<i>Overheating</i>								CD
		<i>Short circuit</i>								
		Kerusakan mekanis	Y	N	Y	N	N	-	N	
<i>Torch Assembly</i>	Melakukan pemotongan menggunakan plasma atau api	<i>Nozzle tersumbat</i>								CD/FF
		Kerusakan elektroda	Y	N	Y	N	Y	-	N	

Berikut adalah keterangan Tabel 4.17 mengenai pemilihan tindakan perawatan pada komponen *Main Engine* dan *Torch Assembly* mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W.

1. *Main Engine*

- a. Apakah komponen *Main Engine* memiliki hubungan dengan kerusakan dan reliabilitas usia? "Yes". Komponen *Main Engine* memiliki hubungan antara kerusakan dan reliabilitas usia karena kinerja mesin secara keseluruhan sangat bergantung pada kinerja *Main Engine*. Kerusakan atau keausan pada *Main Engine* dapat mengurangi reliabilitasnya dan memperpendek umur operasional mesin.
- b. Apakah TD dapat dilakukan? "No". *Time Direct* (TD) tidak dapat dilakukan karena perawatan terjadwal berdasarkan interval waktu tertentu mungkin tidak efektif untuk *Main Engine*. Kondisi operasional dan keausan *Main Engine* lebih dipengaruhi oleh penggunaan dan lingkungan operasional daripada oleh waktu.
- c. Apakah CD dapat dilakukan? "Yes". *Condition Direct* (CD) dapat dilakukan karena perawatan dan inspeksi berdasarkan kondisi aktual *Main Engine* sangat penting untuk memastikan kinerja yang optimal. Pemeriksaan berkala terhadap suhu, tekanan, kebocoran, dan kondisi mekanis lainnya dapat membantu mendeteksi masalah potensial sebelum menyebabkan kerusakan.
- d. Apakah masuk dalam kategori D (*Hidden Failure*)? "No". *Main Engine* tidak masuk dalam kategori D (*Hidden Failure*) karena kerusakan biasanya dapat dideteksi melalui gejala atau tanda-tanda yang terlihat, seperti penurunan kinerja atau suara yang tidak biasa.
- e. Apakah FF dapat dilakukan? "No". *Finding Failure* (FF) tidak dapat dilakukan secara efektif karena kerusakan pada *Main Engine* biasanya dapat dideteksi melalui pemantauan rutin atau tanda-tanda yang terlihat, bukan melalui proses pencarian kerusakan aktif.
- f. Apakah ada tindakan lain, yang dipilih lebih efektif? "(-) tidak bisa disimpulkan dari deskripsi". Perlu informasi tambahan tentang tindakan yang tersedia dan kondisi spesifik *Main Engine* untuk menentukan apakah ada tindakan yang dipilih lebih efektif.

- g. Dapatkah desain dari modifikasi dapat menghilangkan mode kerusakan dan efeknya? "No". Modifikasi desain mungkin tidak dapat sepenuhnya menghilangkan mode kerusakan dan efeknya karena beberapa kerusakan dapat disebabkan oleh faktor eksternal atau kondisi operasional yang sulit dimodifikasi.
- h. *Task Selection (TS)*? "CD". *Main Engine* cenderung mengalami kerusakan akibat pemakaian berlebihan, keausan, atau ketidaksempurnaan dalam komponen mekanis. Dengan pemantauan kondisi secara teratur, operator dapat mendeteksi tanda-tanda awal masalah dan melakukan perawatan preventif sebelum kerusakan serius terjadi. Ini membantu memperpanjang umur pakai dan meningkatkan kinerja mesin secara keseluruhan. Oleh karena itu, penerapan *Condition Directed (CD)* sangat penting untuk *Main Engine*, karena memungkinkan deteksi dini dan perawatan berdasarkan kondisi aktual komponen, memastikan kinerja optimal dan mengurangi risiko kerusakan mendadak.
2. *Torch Assembly*
- a. Apakah komponen *Torch Assembly* memiliki hubungan dengan kerusakan dan reliabilitas usia? "Yes". Komponen *Torch Assembly* memiliki hubungan antara kerusakan dan reliabilitas usia karena kinerja pemotongan menggunakan plasma atau api sangat bergantung pada kondisi dan keandalan *Torch Assembly*. Seiring waktu penggunaan, *Torch Assembly* dapat mengalami keausan atau kerusakan yang mempengaruhi kinerjanya.
- b. Apakah TD dapat dilakukan? "No". *Time Direct (TD)* mungkin tidak dapat dilakukan secara efektif untuk *Torch Assembly* karena perawatan terjadwal berdasarkan interval waktu mungkin tidak relevan dengan kondisi sebenarnya dari komponen ini. Penggunaan dan kondisi operasional *Torch Assembly* lebih berdampak terhadap kerusakan daripada waktu.
- c. Apakah CD dapat dilakukan? "Yes". *Condition Direct (CD)* dapat dilakukan dengan memantau kondisi aktual *Torch Assembly* secara berkala. Inspeksi rutin terhadap *nozzle* dan elektroda, serta pemeriksaan terhadap kebocoran atau

kerusakan lainnya, dapat membantu mengidentifikasi masalah potensial dan melakukan perawatan preventif.

- d. Apakah masuk dalam kategori D (*Hidden Failure*)? "No". *Torch Assembly* tidak masuk dalam kategori D (*Hidden Failure*) karena kebanyakan kerusakan pada komponen ini dapat dideteksi melalui gejala yang jelas, seperti kualitas potongan yang buruk atau percikan api yang tidak normal.
- e. Apakah FF dapat dilakukan? "Yes". *Finding Failure* (FF) dapat dilakukan dengan melakukan inspeksi mendalam pada *Torch Assembly* untuk mengidentifikasi masalah atau kerusakan yang mungkin terjadi. Proses ini dapat membantu mendeteksi masalah potensial sebelum menyebabkan kerusakan atau masalah yang lebih besar.
- f. Apakah ada tindakan lain, yang dipilih lebih efektif? "(-) tidak bisa disimpulkan dari deskripsi". Perlu informasi tambahan tentang tindakan yang tersedia dan kondisi spesifik *Torch Assembly* untuk menentukan apakah ada tindakan yang dipilih yang efektif.
- g. Dapatkah desain dari modifikasi dapat menghilangkan mode kerusakan dan efeknya? "No". Modifikasi desain mungkin tidak dapat sepenuhnya menghilangkan mode kerusakan dan efeknya karena beberapa kerusakan dapat disebabkan oleh faktor eksternal atau kondisi operasional yang sulit dimodifikasi. Selain itu, *Torch Assembly* umumnya merupakan komponen yang terstandarisasi dan modifikasi desain mungkin memerlukan pengujian dan validasi tambahan yang signifikan.
- h. *Task Selection* (TS)? "CD/FF". Untuk *Torch Assembly*, beberapa mode kerusakan potensial termasuk *nozzle* yang tersumbat dan kerusakan elektroda, yang sering menunjukkan tanda-tanda awal seperti penurunan kualitas pemotongan, suara tidak normal, atau ketidakstabilan plasma/api. Dengan pemantauan kondisi secara teratur, masalah ini dapat dideteksi dan diatasi sebelum kerusakan total terjadi. Misalnya, residu di *nozzle* dapat dibersihkan sebelum menyebabkan penyumbatan. Oleh karena itu, Dalam konteks *Task Selection* (TS), tindakan perawatan dapat dilakukan dengan pendekatan *Condition Directed* (CD) atau dengan *Functional Failure* (FF) setelah

kerusakan terjadi. CD memungkinkan deteksi dini dan perawatan preventif, mengurangi risiko kerusakan total dan memastikan kinerja optimal, namun membutuhkan investasi pada sistem pemantauan dan tenaga terlatih. Sebaliknya, FF lebih sederhana dan ekonomis dalam jangka pendek karena perawatan dilakukan hanya setelah kerusakan terjadi, akan tetapi berisiko menyebabkan waktu henti yang lebih lama dan biaya perbaikan yang lebih tinggi. Pemilihan antara CD dan FF didasarkan pada analisis kondisi komponen, risiko kerusakan, biaya perawatan, serta dampak terhadap operasi keseluruhan, sehingga keputusan yang tepat dapat diambil untuk memaksimalkan keandalan dan efisiensi sistem.

4.3 Analisis dan Pembahasan

Setelah melakukan pengolahan data, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis mendalam untuk menjawab pertanyaan penelitian dan mencapai tujuan penelitian yang telah dirumuskan.

4.3.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sangat penting dalam mengevaluasi efisiensi dan kinerja mesin. Meskipun nilai *availability*, *performance*, dan *quality* relatif tinggi, rata-rata OEE keseluruhan masih rendah, yaitu 71%. Kategori rendahnya nilai OEE menunjukkan adanya masalah dalam satu atau lebih, baik aspek *availability*, *performance*, dan *quality* yang perlu diidentifikasi dan diperbaiki. Dengan rata-rata *availability* sebesar 90%, *performance* sebesar 98%, dan *quality* sebesar 81%, fokus perbaikan dapat diberikan pada aspek yang mengalami penurunan guna meningkatkan OEE secara keseluruhan. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah melalui perbaikan sistem perawatan. Dengan perawatan yang baik produktivitas mesin meningkat, dan biaya operasional dapat ditekan.

Potensi peningkatan OEE dapat dicapai salah satunya melalui perbaikan sistem perawatan, karena perawatan yang baik dapat mempengaruhi tiga komponen utama OEE yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Perawatan yang efektif, seperti pemeliharaan preventif, memastikan bahwa mesin berada dalam kondisi optimal, sehingga dapat mengurangi waktu henti tak terencana (*downtime*). Selain

itu, dengan perawatan yang tepat, mesin dapat beroperasi pada kecepatan ideal dan menghindari gangguan yang dapat menurunkan kinerja. Perbaikan sistem perawatan juga membantu menjaga kualitas produk dengan meminimalkan cacat produksi yang disebabkan oleh kerusakan atau keausan komponen mesin. Oleh sebab itu, perbaikan sistem perawatan dapat mendeteksi potensi kerusakan, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil sebelum masalah terjadi, mengurangi risiko kerugian produktivitas dan biaya perbaikan yang lebih besar. Dengan demikian, perbaikan sistem perawatan secara komprehensif akan meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas produk, yang pada akhirnya meningkatkan OEE secara keseluruhan.

4.3.2 Menentukan komponen kritis dengan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

Analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) mengidentifikasi komponen kritis pada mesin berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang merupakan hasil perkalian antara faktor *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Berdasarkan hasil FMEA, komponen kritis pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W adalah *Main Engine* dan *Torch Assembly*, yang memiliki nilai RPN melebihi batas kritis, yaitu 180,53 untuk *Main Engine* dan 106,66 untuk *Torch Assembly*. Nilai RPN yang tinggi ini menunjukkan bahwa potensi kerusakan pada komponen tersebut dapat memiliki dampak signifikan terhadap kinerja keseluruhan mesin. Oleh karena itu, perhatian khusus dan tindakan perawatan yang tepat sangat diperlukan untuk memastikan keandalan dan efisiensi operasi mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W dalam jangka waktu yang optimal. Selain itu, risiko kerusakan dapat diminimalisir sehingga meningkatkan kinerja dan umur operasional mesin secara keseluruhan.

4.3.3 Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) komponen kritis

Berdasarkan hasil perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) dan *Mean Time to Failure* (MTTF) pada komponen kritis, *Main Engine* memiliki MTTR sebesar 1,92 jam dan MTTF sebesar 161,98 jam, sementara *Torch Assembly* memiliki MTTR sebesar 0,90 jam dan MTTF sebesar 111,31 jam. Nilai MTTR

yang lebih tinggi menunjukkan bahwa *Main Engine* membutuhkan waktu perbaikan yang lebih lama dibandingkan dengan *Torch Assembly*, sementara nilai MTTF yang lebih tinggi menunjukkan bahwa *Main Engine* memiliki umur operasional yang lebih lama sebelum mengalami kerusakan dibandingkan dengan *Torch Assembly*.

4.3.4 Perhitungan interval waktu dan tindakan perawatan komponen kritis

Penjelasan mengenai analisis interval waktu dan tindakan perawatan dijelaskan dalam Tabel 4.18. Hasil pemilihan tindakan perawatan, ini berdasarkan diskusi dan pendapat bersama dari kepala produksi, kepala *maintenance*, dan operator mesin CNC *Plasma and Flame Cutting HNC-1500W*.

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Interval dan Tindakan Perawatan

No.	Komponen Kritis	Interval Perawatan (Jam)	Tindakan Perawatan
1.	<i>Main Engine</i>	93 Jam	<i>Condition Directed</i> (CD)
2.	<i>Torch Assembly</i>	62 Jam	<i>Condition Directed</i> (CD)

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

1. Pada komponen *Main Engine*, dilakukan pemilihan tindakan perawatan *Condition Directed* (CD) dengan interval perawatan setiap 93 jam atau 13 hari. Tindakan perawatan ini melibatkan pemantauan dan inspeksi berkala terhadap kondisi aktual *Main Engine*, termasuk pemeriksaan suhu operasional, tekanan, kebocoran, dan kondisi mekanis lainnya. Pemantauan ini memungkinkan untuk mendeteksi tanda-tanda awal kerusakan atau masalah potensial yang mungkin mempengaruhi kinerja mesin. Dengan melakukan perawatan preventif berdasarkan kondisi aktual, dapat dipastikan bahwa komponen *Main Engine* beroperasi dengan efisien dan dapat mencegah kerusakan yang tidak terduga, serta mengurangi risiko *downtime* yang tidak diinginkan.
2. Pada komponen *Torch Assembly*, dilakukan pemilihan tindakan perawatan *Condition Directed* (CD) dengan interval perawatan setiap 62 jam atau 9 hari. penerapan *Condition Directed* (CD) sangat penting untuk *Torch Assembly*, karena dapat memungkinkan deteksi dini dan perawatan preventif berdasarkan kondisi aktual komponen, memastikan kinerja optimal dan umur pakai yang lebih panjang. Tindakan CD ini dilakukan dengan memperhatikan kualitas potongan yang dihasilkan oleh mesin. Jika terdeteksi ketidaknormalan dalam hasil potongan, maka dilakukan pemeriksaan komponen *Torch Assembly* pada

bagian-bagian seperti *nozzle* dan elektroda. Selama pemeriksaan, dilakukan kegiatan pembersihan dan inspeksi sesuai dengan jadwal interval yang telah ditetapkan. Tujuannya adalah untuk memastikan tidak ada kerusakan atau keausan yang signifikan dan untuk mengidentifikasi masalah potensial.

Penentuan interval waktu dan tindakan perawatan ini ditetapkan untuk memastikan kehandalan dan kinerja optimal dari kedua komponen tersebut, sehingga dapat mengurangi potensi kerusakan dan memperpanjang umur mesin secara keseluruhan. Dengan memperhatikan nilai-nilai ini, perusahaan dapat merencanakan jadwal perawatan secara efektif, mengoptimalkan produksi, dan meminimalkan waktu henti yang tidak terencana pada mesin CNC *Plasma and Flame Cutting* HNC-1500W.

PERPUSTAKAAN
JENDERAL ACHMAD YANI
UNIVERSITAS YOGYAKARTA