

Analisis Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Failure Modes And Effects Analysis (FMEA) (Studi Kasus: PT. Bukit Barisan Transport)

Lita Susi Tri Lestari¹, Paris Johannes Ginting²

^{1,2} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia
Jl. Sampul No.3, Sei Putih Bar., Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara 20118
Email: lita57511@gmail.com, parisjohannesginting@unprimdn.ac.id

ABSTRAK

Perawatan mesin bus yang tepat sangat penting untuk memastikan keandalan operasional dan keselamatan transportasi. Kerusakan pada komponen mesin yang tidak terdeteksi secara dini dapat menyebabkan kegagalan sistem dan berdampak pada meningkatnya biaya perbaikan serta terganggunya jadwal operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kegagalan pada mesin bus menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menganalisis penyebab dan dampaknya, serta menentukan prioritas penanganan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Data yang digunakan diperoleh dari catatan kerusakan dan perawatan rutin selama periode tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen dengan nilai RPN tertinggi adalah kompresor angin (RPN = 128) dengan interval perawatan setiap 41 hari, fan belt (RPN = 126) dengan interval perawatan setiap 32 hari, dan filter solar (RPN = 112) dengan interval perawatan setiap 21 hari. Ketiga komponen tersebut memerlukan perhatian khusus dalam perawatan berkala untuk mencegah kegagalan fungsi.

Kata Kunci: Perawatan Mesin, FMEA, RPN, Analisis Kegagalan.

ABSTRACT

Proper maintenance of bus engines is crucial to ensure operational reliability and transportation safety. Undetected failures in engine components can lead to system breakdowns, increased repair costs, and disruptions to operational schedules. This study aims to analyse potential failures in bus engines using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method. FMEA is applied to identify failure modes, analyze their causes and effects, and prioritise corrective actions based on the Risk Priority Number (RPN). The data used in this study were obtained from maintenance and failure records over a specific period. The analysis results show that the components with the highest RPN values are the air compressor (RPN = 128) with a recommended maintenance interval of 41 days, the fan belt (RPN = 126) with an interval of 32 days, and the fuel filter (RPN = 112) with an interval of 21 days. These components require special attention in routine maintenance to prevent functional failures.

Keywords: Engine maintenance, FMEA, RPN, failure analysis.

Pendahuluan

Memasuki era modern dan digital, industri transportasi umum juga mengalami transformasi dengan kehadiran kendaraan berbasis listrik dan sistem pintar berbasis aplikasi yang memudahkan masyarakat mengakses layanan seperti bus, kereta, dan ojek online. Dengan demikian, setiap fase perkembangan industri selalu mendorong inovasi dalam transportasi umum guna memenuhi tuntutan mobilitas yang terus meningkat[1]–[8].

Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan dan kebutuhan akan transportasi yang andal, tantangan dalam menjaga kondisi mesin agar tetap prima pun semakin besar. Mesin yang tidak dirawat dengan baik dapat mengalami penurunan performa, konsumsi bahan bakar yang boros, kerusakan komponen, hingga risiko kecelakaan. Kerusakan yang timbul akibat kelalaian dalam perawatan juga dapat menyebabkan biaya perbaikan yang tinggi yang dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan[9].

Bus merupakan salah satu mode transportasi darat yang memegang peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat, baik untuk keperluan perjalanan dalam kota maupun antar kota dan provinsi. Sebagai kendaraan komersial yang beroperasi dalam waktu lama dan menempuh jarak jauh setiap harinya, bus sangat bergantung pada kinerja mesin yang optimal[10]–[14]. Oleh karena itu, perawatan mesin bus menjadi faktor

krusial dalam menjamin keselamatan, kenyamanan, serta efisiensi operasional. Jika mesin tidak dirawat secara rutin dan sesuai prosedur, maka risiko kerusakan mendadak, konsumsi bahan bakar berlebih, hingga potensi kecelakaan lalu lintas akan meningkat. Hal ini tidak hanya membahayakan keselamatan yang dapat menyebabkan kehilangan jiwa bagi penumpang dan pengemudi, tetapi juga dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi perusahaan transportasi. Untuk itu penelitian ini mencoba mengangkat permasalahan tersebut sebagai bahan untuk diteliti. Adapun pendekatan yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang ada yaitu dengan pendekatan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)[15]–[20].

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi potensi kegagalan dalam suatu proses, produk, atau sistem, serta dampaknya terhadap kinerja keseluruhan. FMEA adalah teknik analisis risiko yang dikembangkan pertama kali oleh militer Amerika Serikat pada tahun 1940-an, dan sejak itu banyak digunakan di berbagai industri seperti otomotif, manufaktur, kedirgantaraan, dan layanan kesehatan. Tujuan utama dari penerapan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan yang dapat terjadi pada suatu sistem, proses, atau komponen, serta menganalisis dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut terhadap kinerja keseluruhan[21]–[26]. Dengan mengetahui jenis kegagalan yang mungkin terjadi, frekuensi kejadiannya, tingkat keparahan dampaknya, dan kemampuan sistem untuk mendeteksinya, FMEA membantu organisasi menentukan prioritas penanganan risiko berdasarkan tingkat urgensi. Melalui penilaian *Risk Priority Number* (RPN), perusahaan atau tim teknis dapat merancang tindakan pencegahan dan perbaikan yang tepat guna meminimalkan kerugian operasional, meningkatkan keandalan sistem, dan mencegah terjadinya kerusakan berulang. Secara keseluruhan, FMEA bertujuan untuk meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan kualitas produk atau layanan melalui pendekatan sistematis dan proaktif dalam manajemen risiko.

Distribusi Weibull adalah salah satu jenis distribusi probabilitas yang banyak digunakan dalam analisis keandalan, analisis umur pakai, dan perawatan mesin. Dengan menggunakan distribusi weibull dapat memodelkan waktu hingga suatu kegagalan terjadi, seperti umur pakai mesin, suku cadang, atau produk.

Berbeda dengan studi-studi sebelumnya yang cenderung berfokus pada analisis kegagalan secara umum tanpa pendekatan kuantitatif, penelitian ini secara spesifik menerapkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menganalisis risiko kegagalan pada komponen mesin bus di PT. Bukit Barisan Transport. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan data historis perawatan aktual untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar pengambilan keputusan perawatan yang lebih tepat sasaran.

Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian deskriptif kuantitatif karena bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis data kerusakan mesin bus secara sistematis dan terukur. Data yang dikumpulkan berupa jenis-jenis kerusakan, frekuensi kerusakan, penyebab kerusakan, dan dampaknya terhadap operasional. Yang menjadi objek pada penelitian ini adalah komponen pada mesin bus yang paling sering mengalami kerusakan. Dengan menentukan nilai RPN dapat diketahui komponen kritis yang memerlukan perawatan prioritas kemudian menentukan interval perawatan untuk komponen yang paling kritis.

PT. Bukit Barisan Transport memiliki 4 unit bus dengan kondisi mesin yang mempunyai frekuensi kerusakan berbeda-beda setiap unitnya yang dapat dilihat pada tabel 1. Adapun data frekuensi kerusakan pada ke empat unit di PT. Bukit Barisan Transport sepanjang tahun 2024 dapat dilihat pada tabel 1.

Table 1. Frekuensi kerusakan 4 unit

No.	Nama Unit	Frekuensi Kerusakan
1	Z 7601 HI	28
2	Z 7783 HA	33
3	Z 7756 HA	46
4	Z 7787 HA	25

Pada tabel 1, dapat dilihat bahwa frekuensi kerusakan terbesar yaitu pada unit Z 7756 HA yaitu sebanyak 46 kali kerusakan. Data kerusakan pada unit Z 7756 HA dapat dilihat pada tabel 2.

Table 2. Data kerusakan unit Z 7756 HA

Tanggal	Komponen	Keterangan	Jarak antar kerusakan (hari)
2 September 2023	Pompa hidrolik	Seal bocor	0
19 September 2023	Fan belt	Fan belt putus	17
28 September 2023	Filter solar	Filter solar tersumbat	9
22 Oktober 2023	Fan belt	Fan belt retak	24
	Filter solar	Filter solar tersumbat	

29 November 2023	Filter solar	Filter solar tersumbat	38
3 Desember 2023	Fan belt	Fan belt retak	4
29 Desember 2023	Filter solar	Filter solar tersumbat	26
10 Januari 2024	Fan belt	Fan belt retak	5
19 Januari 2024	Dinamo cas	Tembaga terbakar	9
22 Januari 2024	Kompresor angin	Bearing pecah	3
31 Januari 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	9
4 Februari 2024	Piston	Piston patah	4
24 Februari 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	20
8 Maret 2024	Pompa air	Gasket robek	13
13 Maret 2024	Pompa hidrolik	Seal bocor	5
18 Maret 2024	Fan belt	Fan belt putus	5
25 Maret 2024	Kompresor angin	Bearing pecah	7
31 Maret 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	6
2 April 2024	Dinamo start	Motor strarter tidak berputar	2
12 April 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	10
19 April 2024	Fan belt	Fan belt retake	7
5 Mei 2024	Pompa bahan bakar	Pompa bahan bakar bocor	16
18 Mei 2024	Kompresor angin	Bearing pecah	13
24 Mei 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	6
2 Juni 2024	Fan belt	Fan belt retak	9
8 Juni 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	6
31 Juni 2024	Turbocharger	overheating	23
11 Juli 2024	Blok mesin	Blok mesin pecah	11
18 Juli 2024	Kompresor angin	Bearing pecah	7
30 Juli 2024	Fan belt	Fan belt retake	12
	Filter solar	Filter solar tersumbat	
6 Agustus 2024	Dinamo cas	Tembaga terbakar	7
14 Agustus 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	8
23 August 2024	Fan belt	Fan belt retak	9
31 Agustus 2024	Pompa air	Gasket robek	8
9 September 2024	Kompresor angin	Bearing pecah	9
17 September 2024	Dinamo start	Carbon brush aus	8
23 September	Filter solar	Filter solar tersumbat	6
30 September 2024	Fan belt	Fan belt retak	7
2 Oktober 2024	Pompa hidrolik	Seal bocor	2
19 Oktober 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	17
20 Oktober 2024	Kompresor angin	Bearing pecah	1
16 November 2024	Pompa bahan bakar	Pompa bahan bakar tidak sesuai	27
28 November 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	12
5 Desember 2024	Turbocharger	overheating	7
19 Desember 2024	Filter solar	Filter solar tersumbat	14

(Sumber : Data kerusakan perusahaan)

Berdasarkan tabel 2, maka dilakukan batasan penelitian agar penelitian ini dapat difokuskan kepada komponen-komponen yang kritis sehingga diperlukan pemeliharaan prioritas. Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa komponen yang paling sering mengalami kerusakan yaitu fan belt, kompresor angin, dan filter solar maka penelitian ini akan difokuskan pada ketiga komponen tersebut. Jarak waktu kerusakan komponen tersebut dapat dilihat pada tabel 3, 4, dan 5.

Table 3. Data kerusakan fan belt

No	Tanggal kerusakan	Jarak waktu antar kerusakan (hari)
1	19 September 2023	0
2	22 Oktober 2023	33
3	3 Desember 2023	41
4	10 Januari 2024	38
5	18 Maret 2024	39
6	19 April 2024	32
7	2 Juni 2024	44
8	30 Juli 2024	58
9	23 Agustus 2024	24

10	30 September 2024	38
11	11 November 2024	42

Table 4. Data kerusakan kompresor angin

No	Tanggal kerusakan	Jarak waktu antar kerusakan (hari)
1	22 Januari 2024	0
2	25 Maret 2024	63
3	18 Mei 2024	54
4	18 Juli 2024	61
5	9 September 2024	53
6	20 Oktober 2024	41

Table 5. Data kerusakan filter solar

No	Tanggal kerusakan	Jarak waktu antar kerusakan (hari)
1	28 September 2023	0
2	22 Oktober 2023	24
3	29 November 2023	38
4	29 Desember 2023	30
5	31 Januari 2024	33
6	24 Februari 2024	24
7	30 Maret 2024	35
8	22 April 2024	22
9	24 Mei 2024	32
10	18 Juni 2024	25
11	30 Juli 2024	42
12	14 Agustus 2024	15
13	23 September 2024	40
14	19 Oktober 2024	26
15	28 November 2024	40
16	19 Desember 2024	21

Pengolahan data dilakukan pada saat data yang diperlukan sudah terkumpul. Pengolahan data dilakukan untuk melakukan penyelesaian dan pembahasan dari masalah yang dianalisis untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan. Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan yaitu :

1. Penentuan komponen kritis
Penentuan komponen kritis ini diambil berdasarkan data kerusakan dengan frekuensi terbesar.
2. Definisi Batasan sistem
Menentukan subsistem dari sistem yang ada dan komponen-komponen dari sub sistem tersebut.
1. Deskripsi sistem dan functional block diagram
Jelaskan fungsi masing-masing subsistem dan komponen dalam diagram.
2. Identifikasi Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional
Mengidentifikasi semua fungsi yang diharapkan dari sistem dan setiap subsistem.
3. *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)
Penyusunan tabel FMEA berdasarkan data fungsi komponen dan laporan perawatan kemudian dapat ditentukan penyebab kegagalan (*failure mode*) yang mengakibatkan kegagalan fungsi (*failures functional*) serta efek atau dampak (*failure effect*) dari kegagalan fungsi serta menghitung RPN pada setiap komponen.
4. Uji distribusi keandalan
Dimulai dengan melakukan uji distribusi kerusakan untuk memahami pola kegagalan pada suatu komponen kemudian melakukan *goodness of fit test* agar mengetahui apakah distribusi yang dilakukan cocok dengan data yang ada dengan menggunakan contoh persamaan berikut :
 - a. Uji distribusi kerusakan :

$$F(ti) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \quad (1)$$

$$Yi = \ln \left[-\ln \left[\frac{1}{1 - f(ti)} \right] \right] \quad (2)$$

$$Index\ of\ fit\ (I) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (3)$$

b. Perhitungan parameter dengan persamaan berikut :

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (4)$$

$$\eta = \frac{\sum x_i - \frac{1}{\beta} \sum y_i}{n} \quad (5)$$

c. Goodness of fit test:

$$F(ti)_{weibull} = 1 - e^{-\left(\frac{ti}{\eta}\right)^\beta} \quad (6)$$

5. Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$MMTF = \eta \times r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (7)$$

6. Penentuan interval perawatan komponen dengan menggunakan persamaan berikut :

$$t = \eta (-\ln R(t))^{\frac{1}{\beta}} \quad (8)$$

Hasil Dan Pembahasan

Perhitungan Nilai RPN dan Strategi Maintenance Pada PT. Bukit Barisan Transport

1. Risk Priority Number (RPN)

Melalui penilaian *Risk Priority Number* (RPN), tindakan atau tim teknis dapat merancang tindakan pencegahan dan perbaikan yang tepat guna meminimalkan kerugian operasional, meningkatkan keandalan sistem, dan mencegah terjadinya kerusakan berulang.

Tabel 1. Skala RPN mesin pada unit Z 7756 HA

No	Functional Failure	Failure Mode	S	O	D	RPN	RANK
1	Blok Mesin	Blok Mesin Retak/Pecah	8	1	1	8	17
2	Piston	Piston Bengkok/Patah	9	2	2	36	10
3	Pompa Bahan Bakar	Suply Bahan Bakar Tidak Sesuai	7	2	2	28	13
		POMPA BAHAN BAKAR BOCOR	5	3	2	30	11
		Fan Belt Retak	6	7	3	126	3
4	Fan Belt	Pompa Air Bocor (Gasket Robek)	8	3	2	48	9
6	Pompa Hidrolik/Stiur	Pompa Tidak Bekerja Dengan Optimal	7	4	5	140	1
		SEAL BOCOR	6	5	1	30	12
		Suply Angin Tidak Optimal (Kompresor Kotor)	8	4	4	128	2
7	Kompresor Angin	RING KOMPRESOR RETAK/PATAH	9	4	3	108	5
		BEARING PECAH	8	4	2	64	6
		Filter Solar Tersumbat	7	8	2	112	4
9	Dinamo Cas	Suply Listrik Tidak Optimal (Tembaga Terbakar)	6	5	2	60	7
		Carbon Brush Aus	6	3	3	54	8
10	Dinamo Start	MOTOR STARTER TIDAK BERPUTAR	8	2	1	16	15
		Kontaminasi Oli	9	2	1	18	14
11	Turbocharger	OVERHEATING	9	1	1	9	16

2. Uji Distribusi Kerusakan dan Goodness Of Fit Test

Melakukan uji distribusi kerusakan pada fan belt, kompresor angin, dan filter solar dengan distribusi weibull dimana perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (1), persamaan (2), dan persamaan (3) yang dimana hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut, dengan catatan :

$\beta > 1$ yaitu berarti laju kegagalan meningkat seiring waktu (keausan).

η : Umur karakteristik komponen (rata-rata waktu kegagalan signifikan).

Table 6. Uji distribusi kerusakan fan belt

No	t_i (hari)	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	24	3,178	0,0673	-2,664	-8,466	10,100	7,097
2	32	3,466	0,1634	-1,724	-5,974	12,013	2,971
3	33	3,497	0,2596	-1,202	-4,204	12,229	1,445
4	38	3,638	0,3557	-0,822	-2,990	13,235	0,676
5	38	3,638	0,4519	-0,509	-1,851	13,235	0,259
6	39	3,664	0,5480	-0,231	-0,845	13,425	0,053
7	41	3,714	0,6442	0,033	0,122	13,794	0,001
8	42	3,738	0,7403	0,299	1,117	13,973	0,089
9	44	3,784	0,8365	0,594	2,247	14,319	0,353
10	58	4,060	0,9326	0,992	4,028	16,484	0,984
Total	389	36,377	4,9995	-5,234	-16,816	132,807	13,928
<i>INDEX OF FIT</i>					0,936		

Dengan menggunakan persamaan (4) maka diperoleh $\beta = 4.643$

Dengan menggunakan persamaan (5) maka diperoleh $\eta = 42.52$

Table 7. Uji distribusi kerusakan kompresor angin

No	t_i (hari)	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	41	3,7136	0,1296	-1.9728	-7.3288	13.7908	3.8910
2	53	3,9703	0,3148	-0.9736	-3.8668	15.7632	0.9480
3	54	3,9880	0,5	-0.3665	-1.4624	15.9041	0.1343
4	61	4,1109	0,6851	0.1434	0.5898	16.8994	0.0206
5	63	4,1431	0,8704	0.7140	2.9575	17.1652	0.5098
Total	272	19.9259	2,4999	-2.4555	-9.1107	79.5227	5,5037
<i>INDEX OF FIT</i>					0,926		

Dengan menggunakan persamaan (4) maka diperoleh $\beta = 5.86$

Dengan menggunakan persamaan (5) maka diperoleh $\eta = 58.47$

Table 8. Uji distribusi kerusakan filter solar

No	t_i (hari)	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2	y_i^2
1	15	2,708	0.0455	-3,0679	-8.3078	7.333	9.408
2	21	3,045	0.1104	-2,1458	-6.5339	9.273	4.602
3	22	3,091	0.1753	-1,6463	-5.0887	9.549	2.710
4	24	3,178	0.2403	-1,2918	-4.1053	10.104	1.669
5	24	3,178	0.3052	-1,0103	-3.2107	10.104	1.021
6	25	3,219	0.3701	-0,7717	-2.4841	10.368	0.595
7	26	3,258	0.4351	-0,5603	-1.8254	10.619	0.314
8	30	3,401	0.5000	-0,3665	-1.2464	11.571	0.134
9	32	3,465	0.5649	-0,1836	-0.6361	12.002	0.034
10	33	3,497	0.6299	-0,0061	-0.0213	12.226	0.000
11	35	3,555	0.6948	0,1713	0.6089	12.631	0.029
12	38	3,638	0.7597	0,3549	1.2916	13.236	0.126
13	40	3,689	0.8247	0,5545	2.0445	13.603	0.307
14	40	3,689	0.8896	0,7902	2.9150	13.603	0.624
15	42	3,738	0.9545	1,1285	4.2152	13.973	1.273
Total	447	50.088	7,50	-6.0497	-22.6945	168,34	22,532
<i>INDEX OF FIT</i>					0,280		

Dengan menggunakan persamaan (4) maka diperoleh $\beta = 3.87$

Dengan menggunakan persamaan (5) maka diperoleh $\eta = 29,37$

Selanjutnya melakukan uji *goodness of fit test* pada fan belt, kompresor angin, dan filter solar. Maka dilakukan pengujian data menggunakan Kolmogorov-smirnov test

Dimana :

Ho : Data berdistribusi Weibull

H1 : Data tidak berdistribusi Weibull

Taraf nyata (α) = 0,05

Wilayah kritik : tolak H_0 bila $D_{hitung} < \alpha$

Table 9. Goodness of fit test fan belt

i	ti	F.ti=i/n	F(ti) weibull	f.t-ft
1	24	0,1	0.0016	0.0984
2	32	0,2	0.0148	0.1852
3	33	0,3	0.0209	0.2791
4	38	0,4	0.0573	0.3427
5	38	0,5	0.0573	0.4427
6	39	0,6	0.0727	0.5273
7	41	0,7	0.1104	0.5896
8	42	0,8	0.1334	0.6666
9	44	0,9	0.1863	0.7137
10	58	1	0.5982	0.4018

Karena $0,4018 > 0,05$ maka H_0 diterima, maka dapat dilakukan perhitungan interval perawatan dengan $\beta = 4.643$ dan $\eta = 42.52$ sesuai dengan perhitungan uji distribusi kerusakan yang sudah dilakukan.

Table 10. Goodness of fit test kompresor angin

i	ti	F.ti=i/n	F(ti) weibull	f.t-ft
1	41	0,2	0.0568	0,1432
2	53	0,4	0.4077	-0,0077
3	54	0,6	0.4565	0,1435
4	61	0,8	0.7287	0,0713
5	63	1	0.7787	0,2213

Karena $0,2213 > 0,05$ maka H_0 diterima, maka dapat dilakukan perhitungan interval perawatan dengan $\beta = 5.86$ dan $\eta = 58.47$ sesuai dengan perhitungan uji distribusi kerusakan yang sudah dilakukan.

Table 11. Goodness of fit test filter solar

i	ti (hari)	F.ti=i/n	F(ti) weibull	f.t-ft
1	15	0,0666	0.0177	0.04889
2	21	0,1333	0.0382	0.09504
3	22	0,2	0.0414	0.15853
4	24	0,2666	0.0467	0.21995
5	24	0,3333	0.0467	0.28662
6	25	0,4	0.0485	0.35143
7	26	0,4666	0.0497	0.41688
8	30	0,5333	0.0473	0.48602
9	32	0,6	0.0418	0.55815
10	33	0,6666	0.0383	0.62835
11	35	0,7333	0.0303	0.70297
12	38	0,8	0.0183	0.78164
13	40	0,8666	0.0117	0.85494
14	40	0,9333	0.0117	0.92161
15	42	1	0.0067	0.99322

Karena $0,99322 > 0,5$ maka H_0 diterima, maka dapat dilakukan perhitungan interval perawatan dengan $\beta = 3,87$ dan $\eta = 29,37$ sesuai dengan perhitungan uji distribusi kerusakan yang sudah dilakukan.

3. Hitung MMTF

a. Fan belt :

$$\begin{aligned}
 \text{MMTF} &= \eta \times r \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \\
 &= 42,52 \times r \left(1 + \frac{1}{4,643} \right) \\
 &= 42,52 \times 0,918 \\
 &= 39,04 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

b. Kompresor Angin

$$\text{MMTF} = \eta \times r \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$= 58,47 \times r \left(1 + \frac{1}{5,86} \right)$$

$$= 58,47,0,9512$$

$$= 55,61 \text{ hari}$$

c. Filter solar

$$\text{MMTF} = \eta \times r \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$= 29,37 \times r \left(1 + \frac{1}{3,87} \right)$$

$$= 29,37,0,972$$

$$= 27,24 \text{ hari}$$

4. Tentukan interval perawatan

Menentukan interval perawatan pada fan belt, kompresor angin, dan filter solar berdasarkan tahap-tahap berikut ini :

a. Interval perawatan fan belt :

$$t = \eta (-\ln R(t))^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t = 42,52 (-\ln (0,80))^{\frac{1}{4,643}}$$

$$t = 32,23$$

Maka interval perawatan yang sesuai untuk fan belt yaitu dilakukan penggantian komponen setiap 32 hari sekali.

b. Interval perawatan kompresor angin

$$t = \eta (-\ln R(t))^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t = 58,47 (-\ln (0,80))^{\frac{1}{5,86}}$$

$$t = 41,92$$

Maka interval perawatan yang sesuai untuk kompresor angin yaitu dilakukan penggantian komponen setiap 41 hari sekali.

c. Interval perawatan filter solar

$$t = \eta (-\ln R(t))^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t = 29,37 (-\ln (0,80))^{\frac{1}{3,87}}$$

$$t = 21,05$$

Maka interval perawatan yang sesuai untuk filter solar yaitu dilakukan penggantian komponen setiap 21 hari sekali.

Berdasarkan data dan penelitian yang dilakukan maka didapatkan hasil berikut ini :

1. Pada kompresor angin diperoleh RPN senilai 128 dan interval perawatan setiap 41 hari. Kompresor angin merupakan komponen vital dalam sistem pengereman kendaraan. Kerusakan yang sering terjadi adalah pecahnya bearing dan retaknya ring kompresor, yang menyebabkan penurunan tekanan udara dan berisiko terhadap sistem pengereman. Dengan tingkat keparahan yang tinggi dan sering terjadi. Diperlukan pemeriksaan tekanan, pembersihan, dan penggantian komponen internal setiap 41 hari untuk menghindari kegagalan fungsi.
2. Pada fan belt diperoleh RPN senilai 126 dan interval perawatan setiap 32 hari. Fan belt berperan dalam menggerakkan sistem pendingin dan pengisian daya. Kerusakan seperti fan belt yang retak atau putus akan menyebabkan kerusakan sistem pendinginan dan alternator, sehingga berpotensi menimbulkan overheating dan kegagalan mesin. Oleh karena itu, penggantian fan belt secara berkala setiap 32 hari sangat direkomendasikan.
3. Pada filter solar diperoleh RPN senilai 112 dan interval perawatan setiap 21 hari. Filter solar berfungsi menyaring kotoran dari bahan bakar sebelum masuk ke ruang bakar. Kualitas bahan bakar yang buruk dapat menyebabkan sumbatan pada filter dan menurunkan efisiensi pembakaran. Hal ini mengakibatkan mesin kehilangan tenaga, atau bahkan mati mendadak. Maka, perawatan berupa pembersihan atau penggantian filter solar perlu dilakukan setiap 21 hari.

Simpulan

Berdasarkan dari pengumpulan, pengolahan, dan analisa data yang telah dilakukan mengenai analisis perawatan mesin bus dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), maka dapat disimpulkan bahwa telah berhasil diidentifikasi jenis-jenis kegagalan (failure mode) yang sering terjadi pada

komponen mesin bus berdasarkan data kerusakan dan catatan perawatan. Beberapa jenis kegagalan yang banyak ditemukan antara lain kerusakan pada kompresor angin, fan belt, dan filter solar, yang masing-masing memiliki dampak signifikan terhadap performa mesin dan sistem kendaraan secara keseluruhan. Selain itu, diperoleh nilai Risk Priority Number (RPN) untuk setiap komponen guna menentukan prioritas penanganan risiko, di mana tiga komponen dengan nilai RPN tertinggi adalah kompresor angin (RPN 128), fan belt (RPN 126), dan filter solar (RPN 112). Komponen-komponen ini diprioritaskan dalam perawatan karena memiliki tingkat keparahan dan frekuensi kegagalan yang tinggi. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi tindakan perawatan untuk masing-masing komponen prioritas guna meningkatkan efektivitas pemeliharaan dan mencegah kerusakan berulang, dengan interval perawatan yang dihitung menggunakan distribusi Weibull, yaitu kompresor angin setiap 41 hari, fan belt setiap 32 hari, dan filter solar setiap 21 hari.

Dengan penerapan rekomendasi tindakan perawatan ini, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya perbaikan tak terduga, serta memperpanjang umur pakai komponen mesin secara signifikan. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, data yang digunakan hanya berasal dari satu perusahaan transportasi, yaitu PT. Bukit Barisan Transport, dengan jumlah sampel terbatas pada jenis bus dan komponen mesin tertentu. Hal ini dapat mempengaruhi generalisasi hasil analisis terhadap populasi atau jenis kendaraan lain. Kedua, metode FMEA yang digunakan sangat bergantung pada penilaian subjektif untuk menentukan nilai Severity, Occurrence, dan Detection, yang dapat bervariasi tergantung pengalaman atau sudut pandang teknisi. Selain itu, pendekatan distribusi Weibull yang digunakan untuk menentukan interval perawatan memiliki asumsi tertentu yang mungkin tidak sepenuhnya sesuai dengan perilaku kegagalan semua komponen.

Daftar Pustaka

- [1] M. H. Aiman and M.Nuruddin, "Analisis Kecacatan Produk Pada Mesin Pemotongan Dengan Menggunakan Metode Fmea Di Ud. Abdi Rakyat," *J. Tek. Ind. J. ...*, 2023, [Online]. Available: [Http://Ejournal.Uin-Suska.Ac.Id/Index.Php/Jti/Article/View/23835](http://ejournal.Uin-Suska.Ac.Id/Index.Php/Jti/Article/View/23835)
- [2] A.Wicaksono, E. D.Priyana, Andy. P.Nugroho, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Failure Mode And Effects Analysis (Fmea) Pada Pompa Sentrifugal Di Pt. X," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 9, No. 1, Pp. 177–185, 2023.
- [3] W.Ridwan, R.Widiastuti, Ande.Nurhayati, "Analisis Pengendalian Kualitas Bibit Sawit Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Metode Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Di Pt Kapuas Sawit Sejahtera," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 9, No. 1, Pp. 24–30, 2023.
- [4] W.Amalia, D.Ramadian, and A. N.Hidayat, "Analisis Kerusakan Mesin Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Failure Modes And Effect Analysis (Fmea)," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 8, No. 2, Pp. 369–377, 2022.
- [5] H. A.Yasin Andr. P.Sari, "Pengembangan Sistem Inspeksi Digital Berbasis Macro Vba Excel Dengan Metode Failure Mode And Effects Analysis (Fmea)," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 7, No. 1, Pp. 7–14.
- [6] I. A. B.Nirwana, A. W.Rizqi, and M.Jufriyanto, "Implementasi Metode Failure Mode Effect And Analisis (Fmea) Pada Siklus Air Pltu," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 8, No. 2, Pp. 110–118, 2022.
- [7] C. S.Bangun, "Application Of SPC and FMEA Methods To Reduce The Level Of Hollow Product Defects," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 8, No. 1, Pp. 12–16, 2022.
- [8] M. F.Munawar, U. A. N.Aini, D. H.Novrido, R. M.Jannah, and M. V.Syahanifadhel, "Analisis Perencanaan Produksi Dan Quality Control Dompok Pria Menggunakan Metode Mrp Dan Fmea," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. Dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, Vol. 9, No. 2, Pp. 362–370, 2023.
- [9] C. A. G.Ulloa, "Design Of A Preventive Maintenance Plan, Abc, Coding, Kanban System, Fmea And Forecasts To Reduce Costs In The Metalworking Company Ingenieros En Acción S.R.L.," *Proceedings Of The LACEI International Multi-Conference For Engineering, Education And Technology*, Vol 2021. 2021. Doi: 10.18687/Lacei2021.1.1.154.
- [10] M.Rizki Et Al., "Aplikasi End User Computing Satisfaction Pada Penggunaan E-Learning Fst Uin Suska," *Sitekin J. Sains, Teknol. Dan Ind.*, Vol. 19, No. 2, Pp. 154–159, 2022, Accessed: Jun.05, 2022. [Online]. Available: [Http://Ejournal.Uin-Suska.Ac.Id/Index.Php/Sitekin/Article/View/14730](http://ejournal.Uin-Suska.Ac.Id/Index.Php/Sitekin/Article/View/14730)
- [11] V.Puspasari, K.Kunci, Andk.Pelayanan, "Perbaikan Kualitas Toko Dunia Foto Dengan Metode Servqual, Zot (Zone Of Tolerance), Dan Siklus Pdca," *Ejournal.Uin-Suska. Ac.Id.*, Vol. 19, No. 2, Pp. 178–185, 2022, Accessed: Jun.05, 2022. [Online]. Available: [Http://Ejournal.Uin-Suska.Ac.Id/Index.Php/Sitekin/Article/View/9491](http://ejournal.Uin-Suska.Ac.Id/Index.Php/Sitekin/Article/View/9491)

- [12] E. T.Anugrah, “Penerapan Total Productive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Di Pt Epson Batam,” Universitas Putera Batam, 2021. Accessed: Jun.25, 2022. [Online]. Available: [Http://Repository.Upbatam.Ac.Id/Id/Eprint/675](http://Repository.Upbatam.Ac.Id/Id/Eprint/675)
- [13] Heru Winarno, Denny Kurnia, Andmuhammad Fahmi, “Analisis Bullwhip Effect Dalam Sistem Rantai Pasok Pada Produk Pta Di Pt. Mitsubishi Chemical Indonesia,” *J. Manuhara Pus. Penelit. Ilmu Manaj. Dan Bisnis*, Vol. 2, No. 1, Pp. 11–22, 2023, Doi: 10.61132/Manuhara.V2i1.428.
- [14] D.Chandradhinata Andw.Nurdiana, “Analisis Pengendalian Kualitas Pada Crude Palm Oil Untuk Meningkatkan Kualitas Di Pt. Condong Garut,” *J. Kalibr.*, Vol. 19, No. 1, Pp. 43–52, 2022, Doi: 10.33364/Kalibrasi/V.19-1.1045.
- [15] M. A. Nasir and D.Andesta, “Pendekatan Metode Failure Mode And Effect Analysis Dalam Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Di Unit Fabrikasi Baja Pt. Xyz,” *J. Serambi Eng.*, Vol. 7, No. 4, 2022, Doi: 10.32672/Jse.V7i4.4634.
- [16] J.Juliani Andc. B.Nawangpalupi, “Peningkatan Kualitas Pelayanan Publik Bidang Verifikasi Standar Ukuran Dan Kalibrasi Alat Ukur Metrologi Teknis Dengan Pendekatan Lean Six Sigma,” *J. Intech Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, Vol. 6, No. 2, Pp. 141–154, 2020, Doi: 10.30656/Intech.V6i2.2519.
- [17] A. A.Khalilurrahman, D. T.Santoso, R.Setiawan, Anda.Aripin, “Analisis Defect Hasil Pengelasan Pada Suspensi Belakang Ertiga Di Pt. Xyz,” *J. Tek. Mesin Dan Pembelajaran*, Vol. 4, No. 2, P. 62, 2021, Doi: 10.17977/Um054v4i2p62-70.
- [18] Ariani Dan Andi, “Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif Dalam Manajemen Kualitas),” *J. Indrustri Res.*, Vol. 5, No. 10, 2004.
- [19] Nazaruddin, M. L.Hamzah, M.Rizki, M. I. H.Umam, Andsarbaini, “Integration Of Fuzzy Logic Algorithms With Failure Mode And Effect Analysis For Decision Support Systems In Product Quality Improvement Of Piano Cabinets,” In *Proceedings - Ieit 2022: 2022 International Conference On Electrical And Information Technology*, 2022. Doi: 10.1109/Ieit56384.2022.9967920.
- [20] L. P.Hesti Anda. E.Nugraha, “Analisis Komponen Kritis Mesin Bubut Underfloor Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis Dan Fault Tree Analysis,” *J. Serambi Eng.*, Vol. 8, No. 3, Pp. 6132–6138, 2023, Doi: 10.32672/Jse.V8i3.6103.
- [21] M. F.Afandi, D.Andesta, Andy. P.Negoro, “Upaya Perbaikan Kualitas Pada Proses Pengemasan Kedelai Di Pt Sari Agrotama Persada Gresik Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis,” *Serambi Eng.*, Vol. Vii, No. 3, Pp. 3674–3684, 2022.
- [22] T.Aprianto, I.Setiawan, Andh. H.Purba, “Implementasi Metode Failure Mode And Effect Analysis Pada Industri Di Asia – Kajian Literature,” *Matrik*, Vol. 21, No. 2, P. 165, 2021, Doi: 10.30587/Matrik.V21i2.2084.
- [23] J.Haekal, “Application Of Six Sigma And Kaizen Techniques To Non-Conformities: A Case Study Of Pharmaceutical Companies,” *Int. J. Sci. Acad. Res.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 1–11, 2023, Doi: 10.54756/Ijsar.2023.V3.2.1.
- [24] Y. M.Fitriani, D.Andesta, Andh.Hidayat, “Analisis Risiko Kerusakan Pada Mesin Las Fcaw Dengan Pendekatan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Studi Kasus : Pt. Swadaya Graha),” *J. Serambi Eng.*, Vol. 7, No. 4, 2022, Doi: 10.32672/Jse.V7i4.4663.
- [25] H. I.Madyantoro, A.Adib, R. I.Yaqin, Andj. P.Siahaan, “Penerapan Metode Fmea Dalam Perawatan Mesin Pendingin Kapal Penangkap Ikan (Studi Kasus: Km. Sinar Bayu Utama),” *Aurelia J.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 97–106, 2022.
- [26] B. S.Wijaya, D.Andesta, Ande. D.Priyana, “Minimasi Kecacatan Pada Produk Kemasan Kedelai Menggunakan Six Sigma, Fmea Dan Seven Tools Di Pt. Satp,” *J. Media Tek. Dan Sist. Ind.*, Vol. 5, No. 2, P. 83, 2021, Doi: 10.35194/Jmtsi.V5i2.1435.