



Aplikasi Failure Mode and Effect Analysis dan Reliability Centered Maintenance pada Preventive Maintenance Kendaraan

Application of Failure Mode and Effect Analysis and Reliability Centered Maintenance in Preventive Maintenance of Vehicle

Fauzan Muhammad¹, Faizah Suryani^{*2}, Tolu Tamalika², R.A. Nurul Moulita³ dan Deri Maryadi⁴

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima 11 – Nov - 2023

Diperbaiki 20 – Nov 2023

Disetujui 11 – Des – 2023

Kata Kunci:

Perawatan, Pencegahan, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Reliability Centered Maintenance (RCM), Kerusakan, Resiko

Keywords:

Maintenance, Preventive, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Reliability Centered Maintenance (RCM), Failure, Risk

ABSTRAK

Sistem bahan bakar merupakan sistem yang cukup krusial bagi suatu kendaraan. Kerusakan pada salah satu komponennya dapat menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi sebagaimana sistem operasionalnya mengingat fungsinya yang sangat penting pada kendaraan. Resiko kerusakan pada sistem bahan bakar dapat diminimalkan dengan menganalisa potensi kerusakan yang akan terjadi serta melakukan penjadwalan perawatan terhadap komponen yang ada. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) serta *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat dikombinasikan guna menentukan komponen yang diprioritaskan untuk diperbaiki dalam jadwal perbaikan sehingga diharapkan mampu mengurangi dampak kerusakan yang terjadi secara berulang. Hasil penelitian melaporkan bahwa pompa distribusi dan penyaring bahan bakar diprioritaskan dalam tindakan perbaikan sistem bahan bakar. Tindakan perawatan yang dapat dilakukan terhadap pompa distribusi dan penyaring bahan bakar adalah dengan melakukan tindakan pencegahan kerusakan melalui identifikasi sistem bahan bakar dan langsung melakukan perbaikan atau penggantian komponen jika ditemukan sebuah kerusakan. Rekomendasi yang diberikan terkait jadwal pemeriksaan yang dilakukan secara berkala terhadap pompa distribusi bahan bakar adalah setiap 180 hari sedangkan penyaring bahan bakar setiap 120 hari sehingga konsep perawatan berkala pada sistem bahan bakar mobil dapat terealisasi.

ABSTRACT

Fuel system is a critical component of any vehicle. Failure to one of its components might cause the engine to stop working properly, despite its critical role in the vehicle. The risk of fuel system failure can be reduced by assessing probable failure and scheduling maintenance on its components. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Reliability Centered Maintenance (RCM) methodologies can be combined to discover components that are prioritized for repair in the schedule for reducing the impact of recurring failure. According to the research findings, the distribution pump and fuel filter are prioritized in fuel system repair actions. The distribution pump and fuel filter maintenance activity that may be made is to take action to prevent failure by detecting the fuel system and quickly repairing or replacing components if failure is identified. Periodic inspection schedule for fuel distribution pump is every 180 days, while the fuel filter is every 120 days, in order to implement the concept of regular maintenance on the vehicle's fuel system.

1. Pendahuluan

Sejak tahun 1983, PT. X telah beroperasi di Kota Palembang sebagai *dealer* kendaraan dan *sparepart*. Mobil

jenis LCGC dengan tipe Brio Satya adalah salah satu kendaraan yang paling populer di kalangan konsumen pada tahun 2021. Mobil jenis ini tidak hanya membawa desain yang indah, tetapi

juga memiliki harga yang cukup terjangkau sehingga semua orang dapat memilikinya. Namun, konsumen yang menggunakan mobil Brio tipe ini sering mengalami keluhan seperti penggunaan bahan bakar yang boros serta masalah pada mesin yang dapat menyebabkan mesin mati secara mendadak. Hal ini dikarenakan perawatan sistem bahan bakar kendaraan yang tidak dilakukan secara teratur sehingga menyebabkan kerusakan mesin terjadi lebih cepat. Analisis potensi kerusakan dan penjadwalan perawatan mesin kendaraan adalah dua cara yang dapat dilakukan untuk meminimalkan resiko kerusakan pada mesin kendaraan.

Sebagai metode pendukung penilaian performansi sistem, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya kerusakan, penyebab, konsekuensi, serta mekanismenya secara sistematis dan terorganisir [1]. Dengan menentukan frekuensi (*occurrence*), tingkat kerusakan (*severity*), serta tingkat deteksi (*detection*), FMEA dapat digunakan untuk menilai risiko yang mungkin terjadi pada operasi perawatan kendaraan. Hakim, dkk (2022) menggunakan FMEA pada analisa kerusakan komponen sistem pengereman jenis penumatik pada mobil trailer. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dua komponen pneumatik yang paling sering mengalami kerusakan adalah komponen rem *control valve trailer* dan komponen rem *chamber* sehingga dapat dilakukan langkah perbaikan kepada dua komponen ini [2].

Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) berfokus pada fungsionalitas sistem daripada komponen tunggal sehingga fokus perawatan dilakukan pada bagian yang sangat penting terhadap fungsi sistem [3]. RCM akan menentukan apa yang harus dilakukan agar setiap aset fisik dapat melakukan apa yang diinginkan oleh penggunaannya selama operasionalnya. Kegiatan perawatan yang dilakukan menjadi lebih efektif dikarenakan RCM akan mengurangi waktu *downtime* dan meningkatkan waktu penggunaan mesin. Pada tahun 2020, Koto dan Muhandi melakukan analisa *preventive maintenance* pada mesin mobil menggunakan pendekatan RCM. Menurut analisa yang telah mereka lakukan, jadwal perawatan pada subsistem kritis mesin mobil adalah perawatan komponen saringan udara *scheduled on condition* 75 hari serta *scheduled restoration* dan *scheduled discard* masing-masing adalah 150 hari dengan total biaya usulan *maintenance task* sebesar Rp 149.400.000 atau 11,70% lebih efisien [4].

Fokus dari penelitian yang akan dilakukan adalah banyaknya keluhan tentang kerusakan sistem bahan bakar. Untuk menentukan bagian mana yang paling penting untuk diperbaiki dalam jadwal perbaikan, komponen sistem bahan bakar yang mengalami kerusakan harus diperiksa. Selain itu, evaluasi akan dilakukan untuk menentukan prosedur perawatan sistem guna mengurangi dampak kerusakan yang berulang. Untuk menghasilkan rekomendasi tindakan penanganan dalam perawatan komponen sistem bahan bakar mobil, analisis dan evaluasi dilakukan dengan menggabungkan metode FMEA dan RCM.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui proses wawancara dengan mekanik bagian *service* yang dilakukan secara langsung di *dealer* PT. X. Data yang diperoleh

mencakup data spesifikasi mobil, komponen yang terdapat pada sistem bahan bakar mobil, fungsi komponen dan penyebab kerusakan pada komponen, serta waktu pengerjaan terhadap komponen kritis. Sementara itu, data sekunder didapatkan dari buku serta jurnal yang mendukung penelitian ini.

2.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA digunakan untuk mengetahui resiko yang mungkin terjadi pada proses *maintenance*. Tiga parameter FMEA yang digunakan adalah frekuensi (*occurrence*), tingkat kerusakan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*). Tahapan yang dilakukan meliputi :

a. Analisa tingkat frekuensi (*occurrence*)

Frekuensi menunjukkan jumlah kerusakan yang terjadi pada komponen sistem bahan bakar sebagai hasil dari potensi resiko yang diukur dengan skala 1-10.

b. Analisa tingkat keparahan (*severity*)

Tingkat keparahan menunjukkan seberapa besar efek yang ditimbulkan oleh suatu kerusakan. Nilai *severity* ditentukan oleh tingkat keseriusan suatu kerusakan fungsi pada komponen sistem bahan bakar kendaraan. Tingkat keseriusan diukur dengan skala 1-10.

c. Analisa tingkat deteksi (*detection*)

Seberapa cepat kerusakan sistem bahan bakar dapat dideteksi dengan menentukan tingkat deteksi. Tingkat deteksi kerusakan proses yang tinggi memungkinkan perusahaan untuk mendeteksi kerusakan dengan cepat karena ada banyak kontrol dan prosedur yang mengatur sistem perawatan kendaraan.

Risk Priority Number (RPN) harus ditetapkan untuk menentukan tingkat prioritas suatu kerusakan. Nilai RPN akan menghasilkan urutan prioritas proses perawatan. Semakin tinggi RPN akan menunjukkan bahwa ada masalah kerusakan yang serius. Di bawah ini adalah rumus yang digunakan untuk mendapatkan RPN [5].

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Keterangan:

S = frekuensi

O = tingkat kerusakan

D = tingkat deteksi

2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM) digunakan untuk memastikan bahwa setiap aset fisik tetap memenuhi kebutuhan konsumen. Secara umum, metodologi RCM mengakui bahwa setiap peralatan dalam aktivitas memiliki tingkat prioritas yang berbeda. Pendekatan RCM menghasilkan kegiatan perawatan yang lebih efektif karena waktu *downtime* yang berkurang sehingga penggunaan mesin menjadi optimal. Untuk menganalisis perencanaan *maintenance* melalui pendekatan RCM, dilakukan beberapa langkah berikut.

1. Pemilihan sistem dan pengumpulan informasi yang berkaitan dengan sistem bahan bakar kendaraan. Diagram Pareto umumnya digunakan untuk melakukan analisa terhadap masalah yang timbul.
2. Penentuan batasan sistem yang digunakan untuk mengaitkan antar sistem yang ada.

3. Penentuan sistem dan diagram blok fungsional guna menjelaskan struktur fungsi dari sistem bahan bakar kendaraan yang diteliti.
4. Penentuan sistem fungsi dan kerusakan untuk menentukan fungsi yang hilang dari sistem bahan bakar kendaraan.
5. Analisa *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) guna menentukan tingkat keseriusan dari efek yang ditimbulkan akibat kerusakan fungsi sekaligus mendeteksi kemungkinan terjadinya kerusakan.
6. Penentuan *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengidentifikasi efek yang disebabkan oleh masing-masing kerusakan yang terjadi. LTA merupakan salah satu pengukuran yang bersifat kualitatif dengan fungsi mengklasifikasikan mode kegagalan [6]. LTA juga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan setiap kerusakan ke dalam beberapa kategori agar lebih mudah menentukan tingkat penanganan prioritasnya. Kategori kerusakan ditampilkan secara lebih rinci pada Tabel 4 [7].

Tabel 4. Kategori Kerusakan

Kategori	Deskripsi
A	Kerusakan memiliki konsekuensi kepada personel atau lingkungan
B	Kerusakan memiliki konsekuensi pada operasional plant yang mempengaruhi kuantitas atau kualitas output yang dapat berdampak pada ekonomi secara signifikan
C	Kerusakan tidak memiliki konsekuensi pada safety maupun operational plant dan tidak berdampak besar pada ekonomi untuk perbaikan
D	Kerusakan tergolong sebagai kerusakan tersembunyi yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A, D/B, dan D/C

(Sumber: Shinta, 2020)

7. Pemilihan tindakan

Setiap mode kerusakan yang telah didapat selanjutnya dibuat menjadi daftar tindakan yang mungkin dilakukan untuk memilih tindakan terbaik. Pemilihan dilakukan dengan menggunakan [8]:

 - a) *Time directed* (TD) guna melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan berdasarkan pada umur komponen.
 - b) *Condition directed* (CD) guna melakukan pencegahan melalui pemeriksaan komponen dan langsung melakukan perbaikan atau penggantian komponen jika ditemukan sebuah kerusakan.
 - c) *Finding failure* (FF) guna menemukan kerusakan tersembunyi melalui pengecekan berkala.
8. Pengujian pola distribusi dan penentuan komponen kritis

Pengujian pola distribusi dilakukan terhadap komponen kritis yang telah dipilih dan selanjutnya *time directed* akan dianalisa menggunakan *software*. Sementara itu, penentuan komponen kritis dilakukan sesuai dengan pola distribusi yang didapatkan melalui *software*.
9. Penentuan *Mean Time to Failure* (MTTF)

MTTF merupakan nilai rata-rata kerusakan komponen yang hanya digunakan pada komponen yang sering mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen yang baru [9].

10. Penentuan interval waktu penggantian pencegahan

Metode *age replacement* digunakan untuk menentukan interval waktu pencegahan kerusakan yang terjadi pada sistem bahan bakar. Penentuan ini bertujuan untuk mengetahui usia optimal dimana pencegahan harus dilakukan sehingga dapat meminimalisir total *downtime* [10].
11. Penentuan interval waktu pemeriksaan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Spesifikasi dan Sistem Bahan Bakar Kendaraan

Tabel 5. Data Spesifikasi Kendaraan

No.	Spesifikasi Kendaraan	Keterangan
1.	Tipe/model	LCGC/Brio Satya
2.	Nomor kendaraan	BG 1672 RS
3.	Tahun pembelian	2014
4.	<i>Speedometer</i>	45.301 km
5.	Keluhan	- Mesin mati secara tiba-tiba - Boros bahan bakar

(Sumber: Wawancara konsumen)

Tabel 6. Komponen Sistem Bahan Bakar

No.	Komponen	Fungsi
1.	<i>Tangki bahan bakar</i>	Sebagai penampung bahan bakar
2.	<i>Pompa bahan bakar</i>	Sebagai pendistribusi bahan bakar dari tangki menuju mesin
3.	<i>Penyaring bahan bakar</i>	Sebagai penyaring bahan bakar dari kotoran sehingga tetap bersih hingga menuju mesin
4.	<i>Pengatur tekanan bahan bakar</i>	Sebagai pengatur tekanan pada bahan bakar yang akan didistribusikan ke mesin
5.	<i>Pelampung bahan bakar</i>	Sebagai pemberi informasi mengenai volume bahan bakar yang berada di tangki bahan bakar

(Sumber: Mekanik PT. X)

3.1.2 Riwayat Penggantian Komponen Sistem Bahan Bakar

Tabel 8. Data Historis Penggantian Komponen Kendaraan

No.	Komponen	Frekuensi	Persentase
1.	Tsngki bahan bakar	-	0%
2.	Pompa bahan bakar	5	36%
3.	Penyaring bahan bakar	7	50%
4.	Pengatur tekanan bahan bakar	-	0%
5.	Pelampung bahan bakar	2	14%
Total		14	100%

(Sumber: Pengguna kendaraan)

3.1.3 Interval Waktu Penggantian Komponen Sistem Bahan Bakar

Tabel 9. *Time to Failure* (TTF) Penggantian Penyaring Bahan Bakar

No.	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)	Jam Penggantian
1.	02 Februari 2017	1	1445	11.00
2.	11 Oktober 2017	1	2501	09.00
3.	12 Juni 2018	1	1408	10.00
4.	11 Februari 2019	1	1467	09.00
5.	29 Oktober 2019	1	1565	11.00
6.	06 Juni 2020	1	1324	10.00
7.	11 Februari 2021	1	1504	10.00

Tabel 10. *Time to Failure* (TTF) Penggantian Pompa Bahan Bakar

No.	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)	Jam Penggantian
1.	21 Mei 2017	2	2507	11.00
2.	12 Juni 2018	2	2927	11.00
3.	16 April 2019	2	1852	10.00
4.	19 Juli 2020	2	2763	09.00
5.	09 Agustus 2021	2	2319	08.00

Tabel 11. *Time to Failure* (TTF) Penggantian Pelampung Bahan Bakar

No.	Tanggal	TTR (jam)	TTF (jam)	Jam Penggantian
1.	16 Februari 2020	1	5213	11.00
2.	12 Juni 2023	1	5675	11.00

3.1.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tabel 12. Analisa Karakteristik dan Kerusakan Fungsi

No.	Komponen	Kerusakan	Efek
1.	Tangki bahan bakar	- Kebocoran bahan bakar - Adanya endapan kotoran pada tangki	- Mesin menjadi tersendat akibat adanya penyumbatan pada komponen mesin
2.	Pompa bahan bakar	- Kinerja pompa kurang baik (melemah) - Adanya kotoran yang menyumbat pompa	- Tekanan bahan bakar melemah sehingga akan menyebabkan kinerja mesin melemah
3.	Penyaring bahan bakar	- Adanya kotoran yang tersumbat pada penyaring bahan bakar	- Bahan bakar yang didistribusikan menjadi kotor dan mengganggu proses distribusi bahan bakar ke mesin
4.	Pengatur tekanan bahan bakar	- Pengatur tekanan bahan bakar rusak	- Penyumbatan distribusi bahan bakar ke mesin

			akibat tekanan pada bahan bakar tidak diatur
5.	Pelampung bahan bakar	- Pelampung bahan bakar rusak	- Prediksi volume bahan bakar pada tangki menjadi tidak akurat

(Sumber: Mekanik PT. X)

Tabel 13. Analisa Penyebab Kerusakan pada Sistem Bahan Bakar

No.	Komponen	Penyebab
1.	Tangki bahan bakar	Adanya pengotor pada bahan bakar
2.	Pompa bahan bakar	Kotoran yang menyumbat
3.	Penyaring bahan bakar	Kotoran yang menyumbat
4.	Pengatur tekanan bahan bakar	Kotoran yang menyumbat
5.	Pelampung bahan bakar	Kotoran yang menyumbat

(Sumber: Mekanik PT. X)

Tabel 14. Analisa Tingkat Kerusakan (Severity)

No.	Komponen	Kerusakan	Skala
1.	Tangki bahan bakar	Adanya pengotor pada tangki bahan bakar	5
2.	Pompa bahan bakar	Adanya penyumbatan pada pompa bahan bakar sehingga distribusi bakar ke mesin menjadi terganggu	8
3.	Penyaring bahan bakar	Penyaring tidak bekerja secara optimal sehingga penyaringan bahan bakar menjadi terganggu	7
4.	Pengatur tekanan bahan bakar	Pengatur tekanan rusak dan tersumbat sehingga pengaturan bahan bakar menuji mesin terganggu	5
5.	Pelampung bahan bakar	Pelampung bahan bakar tidak dapat menunjukkan secara tepat volume bahan bakar yang ada di tangki penampung	5

(Sumber: Mekanik PT. X)

Tabel 15. Analisa Tingkat Frekuensi (*Occurance*)

No.	Komponen	Penyebab	Skala
1.	Tangki bahan bakar	Adanya pengotor pada bahan bakar	5
2.	Pompa bahan bakar	Kotoran yang menyumbat	5
3.	Penyaring bahan bakar	Kotoran yang menyumbat	5
4.	Pengatur tekanan bahan bakar	Kotoran yang menyumbat	5
5.	Pelampung bahan bakar	Kotoran yang menyumbat	3

(Sumber: Mekanik PT. X)

Tabel 16. Analisa Tingkat Deteksi (*Detection*)

No.	Komponen	Kerusakan	Skala
-----	----------	-----------	-------

1.	Tangki bahan bakar	Adanya pengotor pada tangki bahan bakar	5
2.	Pompa bahan bakar	Adanya penyumbatan pada pompa bahan bakar sehingga distribusi bakar ke mesin menjadi terganggu	7
3.	Penyaring bahan bakar	Penyaring tidak bekerja secara optimal sehingga penyaringan bahan bakar menjadi terganggu	6
4.	Pengatur tekanan bahan bakar	Pengatur tekanan rusak dan tersumbat sehingga pengaturan bahan bakar menuji mesin terganggu	6
5.	Pelampung bahan bakar	Pelampung bahan bakar tidak dapat menunjukkan secara tepat volume bahan bakar yang ada di tangki penampung	2

(Sumber: Mekanik PT. X)

Tabel 17. Hasil FMEA Komponen Sistem Bahan Bakar

No.	Komponen	Mode Kegagalan	S	Penyebab	O	Kerusakan Fungsi	D	RPN
1.	Tangki bahan bakar	Kotoran yang mengendap	5	Adanya pengotor pada bahan bakar	5	Adanya pengotor pada tangki bahan bakar	5	125
2.	Pompa bahan bakar	Kinerja pompa melemah dan adanya kotoran yang menyumbat	8	Kotoran yang menyumbat	5	Adanya penyumbatan pada pompa bahan bakar sehingga distribusi bakar ke mesin menjadi terganggu	7	280
3.	Penyaring bahan bakar	Penyaring kotor	7	Kotoran yang menyumbat	5	Penyaring tidak bekerja secara optimal sehingga penyaringan bahan bakar menjadi terganggu	6	210
4.	Pengatur tekanan bahan bakar	Adanya kotoran yang menyumbat	5	Kotoran yang menyumbat	5	Pengatur tekanan rusak dan tersumbat sehingga pengaturan bahan bakar menuji mesin terganggu	6	150
5.	Pelampung bahan bakar	Pengukuran tidak akurat	5	Kotoran yang menyumbat	3	Pelampung bahan bakar tidak dapat menunjukkan secara tepat volume bahan bakar yang ada di tangki penampung	2	30

3.1.5 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Tabel 18. Batasan Sistem Komponen

No.	Sub-Sistem	Komponen	Batasan Fisik	
			Awal	Akhir
1.	Komponen Bahan Bakar Honda Brio	Tangki penampung bahan bakar	Penampung bahan bakar	Penampung bahan bakar
2.		Pompa bahan bakar	Pendistribusi bahan bakar	Pendistribusi bahan bakar yang akan dialirkan ke mesin
3.		Penyaring bahan bakar	Penyaring bahan bakar	Penyaring bahan bakar hingga bersih sebelum dialirkan ke mesin
4.		Pengatur tekanan bahan bakar	Pengatur tekanan bahan bakar	Pengatur tekanan bahan bakar sehingga dalam keadaan baik sebelum dialirkan ke mesin

(Sumber: Mekanik PT. X)

Tabel 19. Logic Tree Analysis (LTA) Kerusakan Komponen Sistem Bahan Bakar

Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab	Analisa Kritis			
			Evident	Safety	Outage	Kategori
Tangki bahan bakar	Kotoran yang mengendap	Adanya pengotor pada bahan bakar	Tidak	Ya	Tidak	Safety problem
Pompa bahan bakar	Kinerja pompa melemah dan adanya kotoran yang menyumbat	Kotoran yang menyumbat	Tidak	Ya	Ya	Safety problem
Penyaring bahan bakar	Penyaring kotor	Kotoran yang menyumbat	Tidak	Ya	Tidak	Safety problem
Pengatur tekanan bahan bakar	Adanya kotoran yang menyumbat	Kotoran yang menyumbat	Tidak	Ya	Tidak	Safety problem

Tabel 20. Pemilihan Tindakan Komponen Sistem Bahan Bakar

Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab	Efek	Tindakan
----------	----------------	----------	------	----------

Tangki bahan bakar	Kotoran yang mengendap	Adanya pengotor pada bahan bakar	Mesin menjadi tersendat akibat adanya penyumbatan pada komponen mesin	FF
Pompa bahan bakar	Kinerja pompa melemah dan adanya kotoran yang menyumbat	Kotoran yang menyumbat	Tekanan bahan bakar melemah sehingga akan menyebabkan kinerja mesin melemah	CD
Penyaring bahan bakar	Penyaring kotor	Kotoran yang menyumbat	Bahan bakar yang didistribusikan menjadi kotor dan mengganggu proses distribusi bahan bakar ke mesin	CD
Pengatur tekanan bahan bakar	Adanya kotoran yang menyumbat	Kotoran yang menyumbat	Penyumbatan distribusi bahan bakar ke mesin akibat tekanan pada bahan bakar tidak diatur	FF

Tabel 21. Interval Kerusakan dan Perbaikan Komponen

Komponen	Interval		Frekuensi	Waktu Perbaikan (Jam)
	Kerusakan (Jam)			
Pompa bahan bakar	2507, 1852, 2319	2927, 2763,	5	1
Penyaring bahan bakar	1445, 1468, 1565, 1504	2501, 1467, 1324,	7	1

Tabel 22. Uji Distribusi Komponen Kritis

No.	Komponen	Pola Distribusi	Parameter
1.	Pompa bahan bakar	Normal	$\sigma = 161,52$ $\mu = 1227,8$
2.	Penyaring bahan bakar	Normal	$\sigma = 178,99$ $\mu = 820,57$

Tabel 23. Interval Waktu Penggantian dan Pemeriksaan Sistem Bahan Bakar

No.	Komponen	Interval Waktu	
		Penggantian (Jam)	Pemeriksaan (Hari)
1.	Pompa bahan bakar	1226	179,10
2.	Penyaring bahan bakar	820	120

3.2 Pembahasan

Kendaraan yang digunakan sebagai objek pada penelitian ini telah beroperasi selama empat tahun dan menempuh jarak yang mencapai angka 45.301 km terhitung sejak awal pemakaian. Sistem bahan bakar pada mobil Brio menggunakan sistem *electronic fuel injection* (EFI) dengan bahan bakar berupa bensin. Sistem ini akan menyuplai bensin yang berada di tangki penampung bahan bakar menuju ke mesin. Riwayat jumlah kerusakan yang terjadi pada sistem bahan bakar mobil Brio hingga dilakukan penggantian komponen sejak awal digunakan berada pada rentang bulan Januari 2017 sampai

Agustus 2021 adalah sebanyak 14 kali. Komponen dengan frekuensi tertinggi yang mengalami kerusakan adalah penyaring bahan bakar, yaitu 7 kali atau 50% dari total kerusakan yang terjadi pada sistem bahan bakar.

3.2.1 Analisa FMEA

Analisa FMEA dilakukan guna mengetahui kerusakan dari suatu komponen yang dapat menghambat berjalannya suatu sistem. Output yang didapatkan dari analisa yang dilakukan berupa nilai resiko prioritas (RPN). Analisa pertama yang dilakukan adalah analisa sistem dan kerusakan fungsi guna mengetahui komponen apa saja yang sering mengalami kendala beserta fungsi dan efek yang ditimbulkan dari kerusakan fungsi komponen tersebut. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada lima komponen yang ada di sistem bahan bakar mobil, secara umum kerusakan fungsi komponen disebabkan oleh adanya kotoran yang menyumbat pada komponen sehingga kinerja komponen tersebut tidak berjalan optimal.

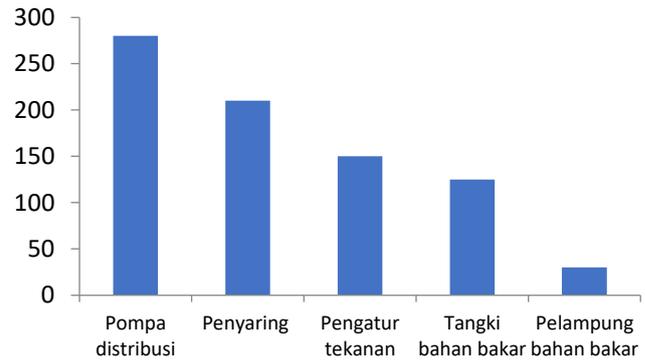
Tingkatan dari keseriusan dampak yang ditimbulkan akibat kerusakan yang terjadi dianalisa melalui analisa tingkat kerusakan (*severity*). Analisa ini memberikan skala berdasarkan karakteristik kerusakan yang terjadi. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, didapatkan bahwa skala tertinggi untuk tingkat kerusakan berada pada komponen pompa distribusi bahan bakar, yaitu 8 diikuti dengan penyaring bahan bakar dengan skala 7, dan tangki bahan bakar, pengatur tekanan bahan bakar, serta pelampung bahan bakar yang masing-masing memiliki skala 5. Nilai yang didapatkan menunjukkan efek yang diberikan oleh kerusakan komponen terhadap sistem bahan bakar mobil. Kerusakan pompa distribusi bahan bakar dapat menyebabkan fungsi utamanya berkurang hingga peralatan yang tidak dapat beroperasi namun kerusakan ini tidak memberikan efek terhadap keselamatan. Kerusakan pada komponen penyaring bahan bakar akan mengakibatkan hilangnya fungsi utama dari peralatan, penyaring menjadi tidak dapat beroperasi, dan performanya menjadi berkurang. Sementara itu, kerusakan pada tangki, pengatur tekanan, dan pelampung bahan bakar dapat mengakibatkan fungsi tambahan dari komponen ini menjadi hilang, peralatan masih dapat digunakan namun kenyamanan pengguna menjadi menurun.

Analisa frekuensi memberikan informasi mengenai jumlah terjadinya kejadian peluang kerusakan yang terjadi. Nilai skala akan memberikan penyebab terjadinya peluang kerusakan. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, skala yang diberikan pada komponen sistem bahan bakar rata-rata memiliki nilai 5, yaitu berada pada tingkatan sedang dengan frekuensi kerusakan per 180 hari. Namun, untuk komponen pelampung bahan bakar memiliki nilai frekuensi 3 atau berada pada tingkatan rendah dengan frekuensi kerusakan per 720 hari.

Tingkat deteksi penyebab suatu kerusakan yang terjadi untuk masing-masing komponen juga dianalisa untuk mendeteksi penyebab terjadinya kerusakan pada komponen sistem bahan bakar. Semakin tinggi skala deteksi pada suatu komponen, maka semakin cepat dan akurat alat kontrol dapat mendeteksi suatu kerusakan. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, skala deteksi tertinggi berada pada komponen pompa distribusi bahan bakar dengan nilai 7. Nilai ini mengindikasikan bahwa kemungkinan deteksi potensi kerusakan cukup tinggi. Sementara skala deteksi terendah dimiliki oleh komponen pelampung bahan bakar dengan nilai 2, yaitu kemungkinan alat kontrol untuk menemukan potensi kerusakan sangatlah jauh.

Identifikasi nilai resiko prioritas dilakukan dengan menganalisa kerusakan dari komponen sistem bahan bakar kendaraan yang memiliki resiko terkendala sehingga dapat mengurangi keandalan dari mesin kendaraan. Output dari analisa yang dilakukan berupa nilai resiko prioritas (RPN) yang mampu menentukan tingkat prioritas dari kerusakan yang terjadi. Berdasarkan analisa yang dilakukan, nilai RPN tertinggi didapatkan pada komponen pompa distribusi bahan bakar yaitu 280, diikuti oleh penyaring bahan bakar dengan nilai 210, pengatur tekanan bahan bakar dengan nilai 150,

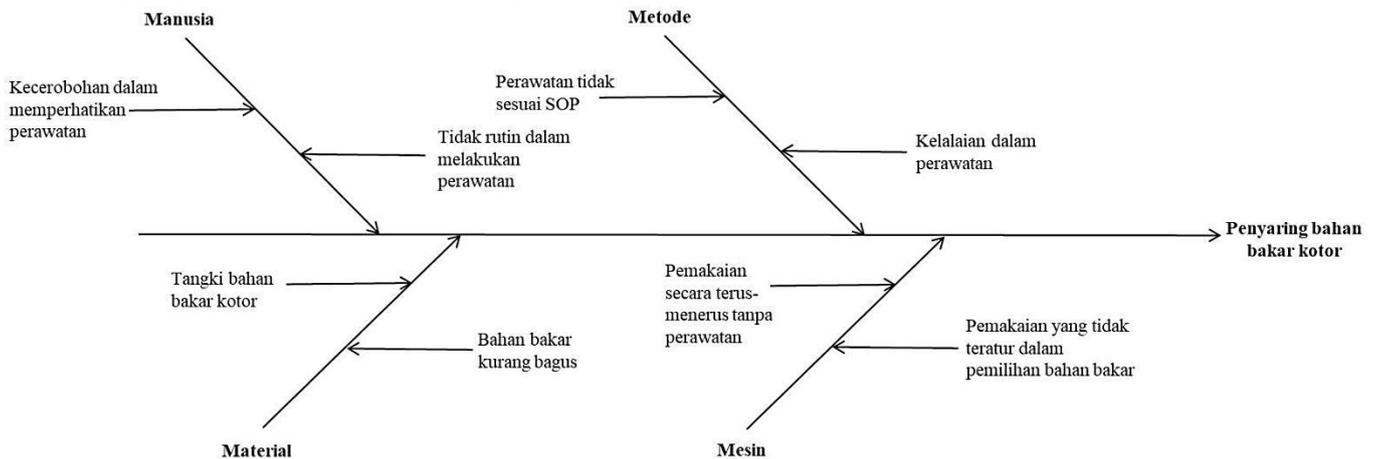
tangki bahan bakar dengan nilai 125, dan pelampung bahan bakar dengan nilai 30. Hasil analisa nilai RPN selanjutnya direpresentasikan ke dalam bentuk diagram melalui diagram Pareto yang akan membantu dalam permasalahan yang bersifat kritis sehingga membutuhkan perhatian khusus.



Gambar 1. Diagram pareto kerusakan komponen

Dari Gambar 1, diketahui bahwa komponen kritis pada sistem bahan bakar mobil adalah pompa distribusi bahan bakar dan penyaring bahan bakar, dimana kedua komponen ini diprioritaskan dalam tindakan perbaikan yang akan dilakukan.

Selanjutnya dilakukan analisa diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi faktor yang menjadi pemicu terjadinya kerusakan pada komponen sistem bahan bakar mobil. Diagram *fishbone* untuk komponen sistem bahan bakar mobil ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram *fishbone* kerusakan komponen penyaring bahan bakar

Berdasarkan Gambar 2, didapatkan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap kerusakan yang terjadi pada komponen sistem bahan bakar mobil adalah manusia, material, metode, dan mesin. Manusia berpengaruh pada tindakan perawatan. Perawatan yang sering kali ditunda dan penanganan yang tidak sesuai jadwal dapat mempengaruhi kinerja komponen. Faktor metode juga berpengaruh pada kerusakan komponen dikarenakan tindakan perawatan yang dilakukan tidak sesuai dengan standar operasional prosedur yang ada. Faktor lain yang juga berpengaruh adalah material. Umur pakai komponen yang panjang serta kotoran yang menumpuk dapat menyebabkan

komponen menjadi kotor dan tersumbat. Faktor terakhir yang berpengaruh yaitu mesin. Pemakaian mesin yang tidak teratur, penggunaan kecepatan mesin saat digunakan, serta pemakaian bahan bakar yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan kerusakan pada komponen sistem bahan bakar mobil.

3.2.2 Analisa Reliability Centered Maintenance (RCM)

Analisa RCM dilakukan guna menjaga agar suatu sistem bahan bakar dapat berjalan sesuai dengan fungsinya. Fungsi yang hilang dari sistem bahan bakar dapat diketahui melalui deskripsi dan kerusakan fungsi dari sistem bahan bakar mobil.

Salah satu tahapan yang dilakukan pada RCM adalah penyusunan logic tree analysis (LTA) guna melakukan identifikasi terhadap efek yang ditimbulkan masing-masing kerusakan komponen sistem bahan bakar. Output dari LTA berupa tingkatan penanganan prioritas dari masing-masing mode kegagalan sesuai dengan kategorinya. Berdasarkan LTA yang telah disusun, didapatkan bahwa komponen sistem bahan bakar mobil brio termasuk dalam kategori A, dimana mode kegagalan memiliki efek terhadap pengguna maupun lingkungan.

Langkah terakhir yang dilakukan dalam tahapan analisa RCM adalah pemilihan tindakan terhadap komponen yang mengalami kerusakan. Berdasarkan analisa yang dilakukan, komponen pompa distribusi serta penyaring bahan bakar perlu diidentifikasi melalui pemeriksaan komponen dan langsung melakukan perbaikan atau penggantian komponen jika ditemukan sebuah kerusakan pada komponen tersebut. Sementara itu, komponen tangki dan pengatur tekanan bahan bakar perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala guna mendeteksi kerusakan terjadi secara tersembunyi (hidden failure).

3.2.3 Analisa Penentuan Interval Waktu Penggantian

Metode *age replacement* digunakan untuk menentukan usia optimal dari komponen dimana penggantian harus dilakukan agar dapat meminimalisir total downtime yang terjadi. Penggantian komponen dilakukan dengan cara menetapkan kembali interval waktu penggantian berikutnya sesuai interval yang telah ditentukan jika terjadi kerusakan yang menuntut dilakukannya tindakan penggantian. Berdasarkan olahan perhitungan yang telah dilakukan, interval penggantian untuk pompa distribusi bahan bakar adalah 1.226 jam sedangkan untuk penyaring bahan bakar adalah 820 jam. Sementara itu, untuk interval waktu pemeriksaan komponen pompa distribusi bahan bakar adalah 179,10 jam atau setiap 6 bulan dan penyaring bahan bakar adalah 120 jam atau setiap 4 bulan.

3.2.4 Rekomendasi Tindakan Penanganan Komponen

Berdasarkan keseluruhan analisa yang telah dilakukan, rekomendasi yang diberikan pada komponen pompa distribusi bahan bakar adalah pemeriksaan yang dilakukan secara berkala terhadap komponen serta pembersihan pompa. Sementara itu, rekomendasi yang diberikan untuk komponen penyaring bahan bakar berupa penggunaan BBM dengan nilai oktan yang tinggi sehingga dapat dipastikan BBM yang akan disaring memiliki kualitas yang baik, pemeriksaan penyaring yang dilakukan secara berkala, serta rutin melakukan pembersihan terhadap penyaring bahan bakar.

4. Kesimpulan

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat digunakan untuk menganalisa dan mengevaluasi resiko terhadap kerusakan dalam tindakan perawatan pada komponen-komponen yang terdapat pada sistem bahan bakar mobil. Komponen yang diprioritaskan dalam tindakan perbaikan sistem bahan bakar berdasarkan nilai RPN tertinggi adalah pompa distribusi dan penyaring bahan bakar. *Reliability*

Centered Maintenance (RCM) dapat digunakan untuk mengetahui apa saja yang harus dilakukan tindakan perawatan pencegahan secara berkala terhadap komponen kritis sistem bahan bakar mobil. Tindakan perawatan yang tepat terhadap komponen kritis sistem bahan bakar mobil adalah dengan melakukan tindakan pencegahan kerusakan melalui identifikasi sistem bahan bakar dan langsung melakukan perbaikan atau penggantian komponen jika ditemukan sebuah kerusakan. Pemeriksaan yang dilakukan secara berkala terhadap komponen pompa distribusi bahan bakar adalah setiap 180 hari sedangkan penyaring bahan bakar setiap 120 hari sehingga akan terealisasi konsep perawatan berkala pada sistem bahan bakar mobil.

Referensi

- [1] R. Nurfarizi, F. Nurul Azizah, and Sukanta, "Analisis Kerusakan Mesin Pada Mobil Tangki Bahan Bakar Minyak dengan Metode FMEA (Studi Kasus: CV Amanda Jaya)," *J. Serambi Eng.*, vol. VIII, no. 2, pp. 5409–5415, 2023.
- [2] L. Hakim, Japri, Yuhelson, and I. Hasan, "Implementasi FMEA pada Kegagalan Komponen Pneumatic Brake System Kendaraan Berat," *J. Surya Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 423–434, 2022, doi: 10.37859/jst.v9i2.4408.
- [3] F. Fathurohman and S. Triyono, "Rcm (Reliability Centered Maintenance): the Implementation in Preventive Maintenance (Case Study in an Expedition Company)," *EKOMABIS J. Ekon. Manaj. Bisnis*, vol. 1, no. 02, pp. 197–212, 2020, doi: 10.37366/ekomabis.v1i02.29.
- [4] A. Koto and Muhandi, "Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Kendaraan Roda Empat dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance," *Pros. Manaj.*, p. 3, 2020.
- [5] G. S. Gazali and I. Baroroh, "Risk Analysis of the Causes of Delay in Ship Construction (Case Study of KM CL 9E Ship Construction)," *Berk. Sainstek*, vol. 10, no. 4, p. 235, 2022, doi: 10.19184/bst.v10i4.32674.
- [6] R. Pebriyanto, M. Fitri, and M. I. Adelino, "Analisis Perawatan pada Mesin Press Cap Roller dengan Metode FMEA dan RCM," *J. Ind. Syst. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1111/j.1365-2133.1920.tb09723.x.
- [7] H. D. W. Shinta, "USULAN TINDAKAN PERAWATAN MESIN OVERLOCK PADA DIVISI SEWING DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN AGE REPLACEMENT (STUDI KASUS : UD HASBY GARMENT PONOROGO)," Universitas Islam Indonesia, 2020. [Online]. Available: <https://www.e-ir.info/2018/01/14/securitisation-theory-an-introduction/>
- [8] J. Sodikin and U. Satria Jati, "Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode Failures Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Logic Tree Anaysis (LTA)," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–21, 2022, doi: 10.35970/accurate.v3i1.1510.
- [9] A. Adi Satrio, P. Slamet, and R. Sarwo Widagdo, "Analisa Keandalan Transformator Distribusi Menggunakan Weibull Distribution di Wilayah ULP Rungkut Kota Surabaya," *J. FORTECH*, vol. 2, no. 2, pp. 51–56, 2023, doi: 10.56795/fortech.v2i2.203.
- [10] F. Fauzi and R. B. Jakaria, "The Implementation of Age Replacement Method for VH-Drum Components for Baby Diaper Production Machines at PT. XYZ," *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 13, pp. 1–19, 2021, doi: 10.21070/ijins.v13i.526.