

Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Genset pada Kereta Api Tipe MTU1600 500 kVA Periode 2024 s.d 2029

Siti Duratun Nasiqiati Rosady^{a,*}, Muhammad Kevin Alif Hidayatulloh^a

^a Program Studi D-III Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 30 Juli 2025

Diterima setelah direvisi 05 Agustus 2025

Disetujui 05 Agustus 2025

Kata kunci:

Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Genset

Kereta Api

Perawatan

Abstract-Genset or Generator set is a combination device between a power generator (generator) and a driving engine in one set of units to produce electrical power. Genset is a vital device in the modern railway transportation system. In the railway system, electricity generated by the genset is used to supply locomotives, dining cars, passenger cars, power trains, baggage cars, and freight cars. Due to the importance of the genset function in the railway industry, a maintenance and repair planning system is needed to help the continuity of the performance process and the operation of the train run smoothly. To ensure the performance and reliability of the genset, an effective maintenance and repair strategy is needed. One approach that can be used is Failure Mode Effect Analysis (FMEA). The results of genset maintenance and repair using the FMEA method show several critical components, namely the Press Water Pump, Cylinder Head & Gasket, Turbo Charger, Hp Pump, ECU, Injector, Intercooler, Oil Breather, Vibration Damper as well as maintenance and repair schedules (Preventive and Corrective), and the estimated cost required for maintenance and repair in five periods of Rp. 45.131.067,00.

Intisari- Genset atau Generator set adalah perangkat kombinasi antara pembangkit listrik (generator) dengan mesin penggerak dalam satu set unit untuk menghasilkan tenaga listrik. Genset merupakan perangkat vital dalam sistem transportasi kereta api modern. Pada sistem kereta api, listrik yang dihasilkan oleh genset digunakan untuk mensuplai lokomotif, kereta makan, kereta penumpang, kereta pembangkit, kereta bagasi, dan gerbong barang. Karena pentingnya fungsi genset pada industri kereta api, maka perlu adanya sistem perencanaan perawatan dan perbaikan untuk membantu keberlangsungan proses kinerja dan pengoperasian kereta api berjalan dengan baik. Untuk memastikan kinerja dan keandalan genset, strategi perawatan dan perbaikan yang efektif diperlukan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Hasil dari perawatan dan perbaikan genset menggunakan metode FMEA ini menunjukkan beberapa komponen kritis yaitu *Press Water Pump, Cylinder Head & Gasket, Turbo Charger, Hp Pump, ECU, Injector, Intercooler, Oil Breather, Vibration Damper* serta jadwal perawatan dan perbaikan (*Preventive dan Corrective*), dan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk perawatan dan perbaikan dalam lima periode sebesar Rp. 45.131.067,00.

1. Pendahuluan

Genset atau generator set merupakan pengganti sumber tegangan, apabila terjadi pemutusan aliran listrik dari PLN. Genset juga merupakan suatu kebutuhan bagi masyarakat, sehingga aktifitas kerja tidak akan terhambat oleh adanya pemadaman listrik, baik itu di perkantoran, di lingkungan akademik maupun di pertokoan dan perumahan yang harus selalu membutuhkan pasokan listrik setiap saatnya [1].

Pada kereta api, Listrik yang dihasilkan oleh genset digunakan untuk mensuplai lokomotif, kereta makan, kereta penumpang, kereta pembangkit, kereta bagasi dan gerbong barang. Karena pentingnya fungsi genset pada industri kereta api, maka perlu adanya sistem perencanaan perawatan dan perbaikan untuk membantu keberlangsungan proses kinerja dan

pengoperasian kereta api berjalan dengan baik. Jika terdapat jadwal dan SOP perencanaan perawatan dan perbaikan yang telah ditentukan, maka dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada genset dan umur genset tersebut akan bertahan lebih lama [1].

Hal hal yang dapat menyebabkan genset gagal fungsi antara lain: Bahan bakar tercampur dengan air, baterai genset lemah, mesin macet, jalur bahan bakar tersumbat dan genset masuk angin [2].

Jika genset atau gerbong pembangkit ini mengalami kerusakan maka akan menghambat kinerja dari kereta api sehingga kereta tidak dapat beroperasi, jadwal pemberangkatan tidak tepat waktu, dan mengurangi pemasukan perusahaan. Untuk mengatasi masalah genset gagal fungsi yang dapat dilakukan antara lain: periksa aki genset, periksa bahan bakar, periksa

* Corresponding Author:

E-mail: sitiduratun@polinema.ac.id (Siti Duratun Nasiqiati Rosady)

sistem kontrol, periksa indikator mesin, rawat sistem pelumasan, ganti *sparepart* genset, dan menjaga kebersihan genset [3].

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan pentingnya perawatan genset dalam industri. Penelitian mengenai sistem perawatan mesin genset di PT Pelabuhan Indonesia II menekankan bahwa implementasi sistem perawatan yang tepat dapat meningkatkan reliabilitas dan availability mesin genset secara signifikan [4]. Sejalan dengan itu, penelitian tentang perawatan genset 2000 kVA menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menunjukkan bahwa penerapan strategi perawatan yang sistematis dapat mengurangi biaya operasional hingga 30% dan meminimalkan downtime yang tidak terduga [5]. Selain itu dalam studi tentang pemilihan strategi perawatan menggunakan *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* membuktikan bahwa identifikasi komponen kritis melalui analisis FMEA dapat meningkatkan efektifitas program perawatan dan memperpanjang umur pakai peralatan [6]. Penelitian-penelitian tersebut menegaskan bahwa pendekatan perawatan yang terstruktur dan berbasis data tidak hanya penting untuk menjaga kontinuitas operasional, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomis jangka panjang bagi perusahaan.

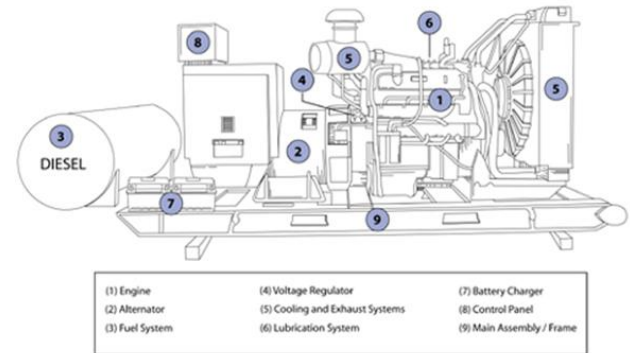
Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen-komponen kritis pada genset kereta api tipe MTU1600 500 kVA melalui analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), menyusun strategi perawatan preventif dan korektif yang optimal berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), merencanakan jadwal perawatan dan perbaikan yang sistematis untuk periode 2024 hingga 2029, serta mengestimasi total biaya yang diperlukan untuk implementasi program perawatan tersebut. Dengan tercapainya tujuan-tujuan tersebut, diharapkan dapat tersusun suatu sistem perencanaan perawatan yang komprehensif dan terstruktur yang mampu meningkatkan reliabilitas operasional genset, meminimalkan *downtime* tidak terduga, memperpanjang umur pakai komponen, dan mengoptimalkan alokasi anggaran perawatan sehingga mendukung kelancaran operasional sistem transportasi kereta api secara keseluruhan.

2. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan menggunakan pendekatan studi kasus pada genset kereta api tipe MTU1600 500 kVA di UPT. Balai Yasa Surabaya Gubeng. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pemilihan metode FMEA dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa alasan yang kuat dan relevan dengan karakteristik objek penelitian. Pertama, FMEA merupakan metode analisis risiko yang sistematis dan terstruktur yang mampu mengidentifikasi potensi kegagalan komponen sebelum kegagalan tersebut terjadi, sehingga sangat sesuai untuk sistem kompleks seperti genset kereta api yang memiliki komponen saling terkait dan membutuhkan tingkat keandalan tinggi. Kedua, metode ini memberikan pendekatan kuantitatif melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang memungkinkan prioritas komponen berdasarkan tingkat kekritisan, sehingga alokasi sumber daya perawatan dapat dilakukan secara efisien dan tepat sasaran. Ketiga, FMEA telah terbukti efektif dalam industri transportasi dan telah diakui secara internasional sebagai standar dalam manajemen risiko dan perawatan preventif, memberikan validitas metodologis yang kuat. Keempat, *output* dari analisis FMEA dapat langsung diterjemahkan menjadi strategi perawatan yang actionable, mencakup jadwal perawatan preventif dan korektif serta

estimasi biaya yang diperlukan. Kelima, metode ini memungkinkan evaluasi komprehensif terhadap tiga aspek kritis yaitu *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (kemampuan deteksi), memberikan gambaran holistik tentang risiko setiap komponen yang tidak dapat diperoleh melalui pendekatan analisis tunggal lainnya [6].

Komponen-komponen pada genset ditunjukkan oleh gambar 1 berikut.



Gambar 1. *Generator Set*

2.1. Objek Penelitian

- Genset kereta api tipe MTU1600 500 kVA dengan spesifikasi:
 - Mesin diesel: MTU-1600 10V1600G20F
 - Tahun: 2018
 - Serial number: 16001004073
 - Daya: 448 kW pada 1500 rpm
 - No. Kereta: PO 1906 (Dipo: BD)

2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di UPT. Balai Yasa Surabaya Gubeng, Jawa Timur

2.3. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)
 - Komponen genset yang dianalisis
 - Umur pakai komponen
 - Kondisi operasional (12 jam/hari)
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)
 - Nilai *Risk Priority Number* (RPN)
 - Jadwal perawatan dan perbaikan
 - Estimasi biaya perawatan
3. Variabel Kontrol
 - Metode FMEA yang digunakan
 - Periode analisis (2024-2029)
 - Standar perawatan yang berlaku

2.4. Prosedur Penelitian

Tahap Persiapan

1. Studi literatur tentang FMEA dan perawatan genset
2. Persiapan instrumen penelitian
3. Koordinasi dengan pihak UPT. Balai Yasa Surabaya Gubeng
4. Perizinan penelitian

Tahap Pelaksanaan

1. Identifikasi komponen: Menentukan komponen yang akan dianalisis

2. Pengumpulan data historis: Mengumpulkan data kerusakan dan perawatan
3. Observasi lapangan: Mengamati kondisi aktual komponen
4. Wawancara: Menggali informasi dari teknisi berpengalaman
5. Analisis FMEA: Menerapkan metode FMEA pada setiap komponen
6. Perhitungan RPN: Menghitung nilai Severity, Occurrence, dan Detection
7. Penyusunan jadwal: Membuat jadwal perawatan berdasarkan analisis
8. Estimasi biaya: Menghitung biaya perawatan untuk periode 5 tahun

Tahap Penyelesaian

1. Analisis dan interpretasi data
2. Penyusunan laporan penelitian
3. Validasi hasil dengan expert judgment

2.5. Teknik Analisis Data FMEA

Menggunakan worksheet FMEA dengan tahapan:

a. Penilaian Severity (S)

- Skala 1-10 berdasarkan dampak kegagalan
- Kriteria: tingkat keparahan efek kegagalan terhadap sistem

b. Penilaian Occurrence (O)

- Skala 1-10 berdasarkan frekuensi kejadian
- Kriteria: probabilitas terjadinya penyebab kegagalan

c. Penilaian Detection (D)

- Skala 1-10 berdasarkan kemampuan deteksi
- Kriteria: kemampuan sistem kontrol mendeteksi kegagalan

Perhitungan Risk Priority Number (RPN)

Formula yang digunakan [7]:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \tag{1}$$

Penentuan Komponen Kritis

Formula yang digunakan [7]:

$$RPN \text{ Kritis} = Total RPN / Jumlah Risiko \tag{2}$$

Klasifikasi Perawatan

Berdasarkan nilai RPN [8]:

- RPN > 300: Perawatan Prediktif
- RPN 200-300: Perawatan Preventif
- RPN < 200: Perawatan Korektif

2.6 Estimasi Biaya

Menggunakan rumus bunga majemuk [9]:

$$F = P(1 + i)^n \tag{3}$$

Dimana:

- F = Nilai masa depan
- P = Nilai sekarang
- i = Tingkat inflasi (2,84%)
- n = Periode tahun

3. Hasil dan Pembahasan

Genset MTU1600 500 kVA merupakan mesin yang berkontribusi besar pada saat beroperasinya kereta api [10]. Sebagaimana pada gambar 1 genset pada serangkaian kereta api ada pada 1 gerbong kereta, yaitu pada kereta dengan kode (P) pembangkit [11]. Kereta pembangkit ini

didalamnya diisi dengan generator set atau yang biasa disebut genset. Genset berfungsi sebagai sumber daya kelistrikan yang dapat digunakan untuk menghidupkan komponen-komponen elektrik dalam sistem perkeretaapian [12]. Prinsip kerja genset adalah mengubah energi pada bahan bakar menjadi energi gerak dengan bantuan engine di dalamnya. Kemudian, energi gerak itu diubah menjadi energi listrik dengan bantuan alternator [13].

3.1. Spesifikasi Mesin

Berikut ini rincian data terkait spesifikasi Genset MTU1600 500 kVA [14]:

Mesin diesel	: MTU-1600 10V1600G20F
Tahun	: 2018
Serial number	: 16001004073
No. Kereta	: PO 1906 (Dipo: BD)
Daya yang dihasilkan	: 448 kW 1500 rpm
Kapasitas beban	: 10% untuk 1 jam sampai 12 jam
Supercharging system	: Turbocharged and Intercooler (udara/udara)
Jumlah cylinder	: 10 (V-engine)
Bore/Stroke	: 122/150 mm
Displacement cylinder	: 1,75 Liter
Total displacement	: 17,5 Liter
Rasio kompresi	: 17,5 : 1

Tabel 1. Spesifikasi Komponen

Komponen	Spesifikasi
Sistem Pembakaran	2 exhaust turbocharger, intercooler udara yang terintegrasi dalam radiator, pipa pengisian udara dengan serangkaian filter udara kering.
Sistem Bahan Bakar	Sistem injeksi bahan bakar common rail dengan tekanan rendah dan tinggi, pompa bahan bakar, akumulasi tekanan bahan bakar dan injeksi yang terkontrol secara elektrik.
Governor	Pengatur bahan bakar secara elektrik dan terbatas.
Sistem Pendingin	Pompa sirkulasi cairan pendingin dan thermostat untuk air jaket, penggerak kipas radiator, dan radiator tipe depan untuk air dan juga udara masuk.
Starting System	Starter electric tunggal 24 VDC
Sistem Pelumas	Sistem pelumasan yang digunakan sebagai pendingin piston yang terpasang dengan pompa sirkulasi oli pelumas, filter oli multi tahap dan juga pendingin oli pelumas.
Konsumsi Bahan Bakar @ 100% load	Diperkirakan 193 g/kWh

3.2. Umur Komponen

Umur komponen selain dapat diperkirakan berdasarkan pembebanan, juga dapat diperkirakan dari sejarah penggantian melalui nota pembelian, order suku cadang, dari informasi catatan tukang atau bengkel yang menggantikannya, ataupun operator yang melaporkan kerusakan suatu bagian mesin yang diperbaiki. Berikut merupakan tabel umur komponen berdasarkan history kerusakan

Tabel 1. Prediksi Umur Komponen

No	Komponen	Umur Pakai	
		Minggu	Tahun
1	<i>Turbo Charger</i>	156	3
2	<i>Oil Breather</i>	52	1
3	<i>Hp Pump</i>	130	2,5
4	<i>Injector</i>	130	2,5
5	<i>Intercooler</i>	156	3
6	<i>Cylinder Head dan Gasket</i>	208	4
7	<i>ECU (Electric Control Unit)</i>	183	3,5
8	<i>Vibration Damper</i>	208	4
9	<i>Press Water Pump</i>	104	2

3.3. Skala Severity

Langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak yang timbul apabila suatu kesalahan (*Failure*) terjadi [7]. Dampak tersebut diberi nilai dari skala tabel 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk.

Tabel 2. Severity

Komponen	Kerusakan	Effect	Severity	Rank
<i>Turbo Charger</i>	Baling-baling rusak	Sangat Tinggi	Sistem tidak bekerja	8
<i>Oil Breather</i>	Filter kotor	Rendah	Mengalami penurunan kerja secara bertahap	5
<i>Hp Pump</i>	Saluran tersumbat	-Tinggi	- Sistem bekerja tapi tidak dapat dijalankan dengan penuh	7
		-Sangat Rendah	- Efek kecil pada performa sistem	4
<i>Injector</i>	Keausan pada <i>nozzle</i>	- Sangat tinggi	- Sistem tidak bekerja	8
		-Rendah	- Mengalami penurunan kerja secara bertahap	5
<i>Intercooler</i>	Grill/kisi kisi rusak	Tinggi	Sistem bekerja tapi tidak dapat dijalankan dengan penuh	7
<i>Cylinder Head dan Gasket</i>	Kebocoran pada <i>cylinder head</i>	Sangat tinggi	Sistem tidak bekerja	8
<i>ECU (Electric Control Unit)</i>	Mengalami Kerusakan	Tinggi	Sistem bekerja tapi tidak dapat dijalankan dengan penuh	7
<i>Vibration Damper</i>	Korosi	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem	3
<i>Press Water Pump</i>	Pompa melemah	Tinggi	Sistem bekerja tapi tidak dapat dijalankan dengan penuh	7

3.4. Skala Occurance

Tingkat terjadinya kegagalan yang ditunjukkan dengan skala 1 (permasalahan yang jarang terjadi) sampai 10 (permasalahan sering terjadi) [8].

Tabel 3. Occurance

Komponen	Kerusakan	Effect	Occurance	Rank
<i>Turbo Charger</i>	Baling-baling rusak	Sedang	Jarang terjadi gagal	4
<i>Oil Breather</i>	Filter kotor	Sedang	Jarang terjadi gagal	4
<i>Hp Pump</i>	Saluran tersumbat	-Sedang	- Jarang terjadi gagal	4
		-Rendah	- Sangat kecil terjadi kegagalan	3
<i>Injector</i>	Keausan pada <i>nozzle</i>	-Rendah	- Sangat kecil terjadi kegagalan	2
		-Rendah	- Sangat kecil terjadi kegagalan	3
<i>Intercooler</i>	Grill/kisi kisi rusak	Sedang	Jarang terjadi gagal	4
<i>Cylinder Head dan Gasket</i>	Kebocoran pada <i>cylinder head</i>	Sedang	Jarang terjadi gagal	4
<i>ECU (Electric Control Unit)</i>	Mengalami Kerusakan	Sedang	Jarang terjadi gagal	4
<i>Vibration Damper</i>	Korosi	Rendah	Sangat kecil terjadi kegagalan	2
<i>Press Water Pump</i>	Pompa melemah	Sedang	Jarang terjadi gagal	4

3.5. Skala Detection

Kemungkinan untuk mendeteksi suatu kesalahan yang akan terjadi atau sebelum dampak kesalahan tersebut terjadi. Nilai yang digunakan adalah skala 1 (current kontrol dengan akurat dan cepat bisa menunjukkan kegagalan yang terjadi) sampai 10 (tidak ada alat kontrol yang bisa mendeteksi kegagalan) [8].

Tabel 4. Detection

Komponen	Kerusakan	Effect	Detection	Rank
<i>Turbo Charger</i>	Baling-baling rusak	Deteksi sangat kecil	Terdapat <i>part</i> yang tidak berfungsi atau rusak, dilakukan penggantian <i>part</i>	6
<i>Oil Breather</i>	Filter kotor	Deteksi sangat kecil	Terdapat <i>part</i> yang tidak berfungsi atau rusak, dilakukan penggantian <i>part</i>	6
<i>Hp Pump</i>	Saluran tersumbat	-	-Ada alat yang mengalami gangguan, dilakukan tindakan pengecekan	5
		Deteksi sedang	-Komponen mengalami perubahan settingan	4
<i>Injector</i>	Keausan pada <i>nozzle</i>	-Deteksi sedang	-Ada alat yang mengalami gangguan, dilakukan tindakan pengecekan	5
		-Deteksi tinggi	- Komponen mengalami perubahan settingan	4
<i>Intercooler</i>	Grill/kisi kisi rusak	Deteksi sedang	Dikarenakan ada alat yang mengalami gangguan, dilakukan tindakan pengecekan	5
<i>Cylinder Head dan Gasket</i>	Kebocoran pada <i>cylinder head</i>	Deteksi sangat kecil	Mesin mengalami <i>trip</i>	7
<i>ECU (Electric Control Unit)</i>	Mengalami Kerusakan	Deteksi sangat kecil	Terdapat <i>part</i> yang tidak berfungsi atau rusak, dilakukan penggantian <i>part</i>	6
<i>Vibration Damper</i>	Korosi	Deteksi cukup tinggi	Komponen mengalami perubahan settingan	4
<i>Press Water Pump</i>	Pompa melemah	Deteksi sangat kecil	Mesin tidak dapat bekerja	8

3.6. Risk Priority Number (RPN)

Produk matematis dari keseriusan effect (*Severity*), kemungkinan terjadinya penyebab yang akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan effect (*Occurance*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelangan (*Detection*) [9].

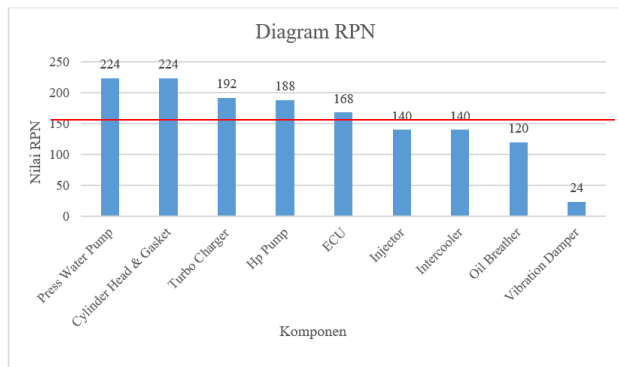
Tabel 6. Nilai RPN

No	Komponen	RPN	Kumulatif	Kumulatif
1.	Press Water Pump	224	224	15,7%
2.	Cylinder Head & Gasket	224	448	31,5%
3.	Turbo Charger	192	640	45%
4.	Hp Pump	188	828	58,3%
5.	ECU	168	996	70%
6.	Injector	140	1136	80%
7.	Intercooler	140	1276	89,8%
8.	Oil Breather	120	1396	98,3%
9.	Vibration Damper	24	1420	100%
RPN Total		1420		

Dari nilai RPN total dan jumlah resiko yang telah diketahui maka nilai RPN kritis didapatkan dengan cara sebagai berikut:

$$RPN \text{ Kritis} = \frac{\text{Total RPN}}{\text{Jumlah Resiko}} = \frac{1420}{9} = 157,7$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai RPN kritis yaitu hasil tersebut berarti komponen yang mempunyai nilai RPN lebih dari 157,7 maka komponen tersebut dianggap kritis dan perlu mendapatkan perhatian yang lebih atau lebih diprioritaskan dalam melakukan perawatan. Hasil dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada gambar diagram dibawah ini.



Gambar 2. Diagram RPN

Dari hasil yang ditampilkan oleh diagram RPN kritis dapat diketahui ada 5 komponen yang nilai RPN nya berada diatas RPN kritis (komponen kritis) yang ditandai dengan diatas garis warna merah. Komponen kritis adalah suatu komponen yang sangat penting dalam suatu mesin karena apabila komponen tersebut mengalami kerusakan dapat mengganggu kinerja mesin tersebut dan bahkan dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Komponen kritis pada Genset kereta api Tipe MTU1600 500 kVa adalah *Press Water Pump*, *Cylinder Head dan Gasket*, *Turbo Charger*, *Hp Pump*, dan *ECU*.

Setelah nilai RPN masing masing komponen telah diketahui, maka dilanjutkan dengan menentukan klasifikasi perawatan dengan menggunakan tabel klasifikasi perawatan FMEA [13]. Berdasarkan tabel 2 untuk nilai kriteria pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan nilai RPN yang dihasilkan. Hasil dari nilai RPN yang dihasilkan diperoleh dengan rumus $S \times O \times D$ pada tabel FMEA *worksheet*. Nilai masing-masing komponen memiliki tindakan perawatan yang berbeda sehingga perlu

dilakukan pengelompokan. Berikut merupakan pengelompokan komponen berdasarkan nilai RPN tersebut:

Tabel 7. Tindakan Perawatan

No	Komponen	Jenis Kegagalan	RPN	RPN Total	Tindakan Perawatan
1	Press Water Pump	Press water pump gagal fungsi/rusak	224	224	Perawatan Preventif
2	Cylinder Head & Gasket	Kebocoran cylinder head	224	224	Perawatan Preventif
3	Turbo Charger	Pembakaran yang kurang sempurna	192	192	Perawatan Korektif
4	Hp Pump	1. Tekanan pada mesin kurang sempurna 2. Korosi	140 48 = 188	188	Perawatan Korektif
5	ECU	Kelistrikan yang tidak sempurna	168	168	Perawatan Korektif
6	Injector	1. Penyumbatan yang diakibatkan oleh kotoran 2. Keausan	80 60 = 140	140	Perawatan Korektif
7	Intercooler	Hilangnya tekanan dorongan turbo	140	140	Perawatan Korektif
8	Oil Breather	Penyaringan kotoran dan sirkulasi oli ke dalam mesin kurang sempurna	120	120	Perawatan Korektif
9	Vibration Damper	Korosi	24	24	Perawatan Korektif

Berdasarkan tabel diatas komponen-komponen tersebut dilakukan perawatan korektif dan preventif untuk setiap komponen nya. Hal ini karena nilai RPN dibawah 200 maka dilakukan perawatan korektif, sedangkan yang nilai RPN 200 sampai 300 dilakukan perawatan preventif. Untuk komponen yang digolongkan ke perawatan korektif adalah *Turbo Charger*, *Hp Pump*, *ECU*, *Injector*, *Intercooler*, *Oil Breather*, dan *Vibration Damper*. Sedangkan yang digolongkan perawatan preventif adalah *Press Water Pump*, *Cylinder Head & Gasket*.

3.7. Kegiatan Perawatan dan Perbaikan

Berikut adalah tabel kegiatan perawatan dan perbaikan yang dilakukan pada genset kereta api tipe MTU1600 500kVA

a. Kegiatan Preventif *Maintenance*

Tabel 8. Kegiatan Preventif *Maintenance*

No	Pelaksanaan Kerja	Durasi	Pekerja	Material Penunjang
1	Melakukan pembersihan pada <i>Press Water Pump</i> dari kotoran	20 Menit	1 Mekanik	1 Sarung tangan 2 Kuas 3 Masker 4 Cairan pembersih 5 Majun
2	Memeriksa Keadaan <i>Press Water Pump</i> dan memastikan dalam keadaan baik dan optimal	20 Menit	1 Mekanik	1 Sarung tangan 2 Majun
3	Pengecekan <i>Nozzle</i> dan penggantian air pendingin pada <i>Press Water Pump</i>	30 Menit	1 Mekanik	1 Sarung tangan 2 Kuas 3 Majun 4 Air <i>Coolant</i>
4	Memeriksa keadaan dan membersihkan daerah sekitar <i>cylinder head</i> dan <i>gasket</i>	30 Menit	1 Mekanik	1 Sarung tangan 2 Kuas 3 Majun 4 <i>Impact</i>
5	Membersihkan dan menambahkan oli	60 Menit	1 Mekanik	1 Sarung tangan 2 Majun 3 Oli 4 <i>Impact</i> 5 <i>Grease</i>

b. Kegiatan Korektif *Maintenance*

Tabel 9. Kegiatan Korektif *Maintenance*

No	Komponen	Peralatan dan Material	Durasi	Pelaksana (Mekanik)	Pelaksanaan Kerja
1	<i>Turbo Charger</i>	1 Kunci <i>set toolbox</i> 2 Kunci <i>set shock</i> 3 Obeng + dan - 4 Sarung tangan 5 Majun 6 Baling Baling turbo	120 Menit	1 Mekanik	Melepas <i>turbocharge</i> kanan atau <i>turbocharge</i> B dan kiri <i>turbocharge</i> A, lebih tepatnya posisi turbo A berada sejajar dengan <i>control panel</i> dan turbo B berlawanan dengan <i>control panel</i> . Melakukan pembongkaran <i>Turbo Charger</i> dan mengganti baling baling turbo yang rusak
2	<i>Hp Pump</i>	1 Kunci <i>set toolbox</i> 2 Kunci <i>set shock</i> 3 Obeng + dan - 4 Sarung tangan 5 <i>Nozzle</i> 6 Majun	120 Menit	1 Mekanik	Melepas pipa bahan bakar yang menyambung dari tanki bahan bakar menuju <i>high pressure pump</i> , kemudian lepaskan <i>high pressure pump</i> . Dan melakukan penggantian <i>Nozzle</i> yang sudah aus
3	ECU	1 Kunci <i>set toolbox</i> 2 Obeng + dan - 3 Sarung tangan 4 Kabel 5 Sensor Pengganti	120 Menit	1 Mekanik	Melepas ECU yang berada pada bagian atas <i>engine</i> dengan bentuk sedikit kotak dan bersirip, lepas secara perlahan. Melakukan penggantian kabel dan sensor
4	<i>Injector</i>	1 Kunci <i>set toolbox</i> 2 Obeng + dan - 3 Sarung tangan 4 <i>Nozzle</i> 5 Kunci set pas 6 Majun	120 Menit	1 Mekanik	Pelepasan kabel <i>injector</i> atau sering disebut dengan <i>harness injector</i> . Lepas mur berukuran 6 mm dengan menggunakan kunci kombinasi. Lakukan pelepasan <i>injector</i> dan juga <i>rocker arm</i> dengan menggunakan obeng. Dan Melakukan penggantian <i>nozzle</i> yang sudah rusak atau aus
5	<i>Intercooler</i>	1 Kunci <i>set toolbox</i> 2 Obeng + dan - 3 Sarung tangan 4 Grill atau kisi kisi	90 Menit	1 Mekanik	Melepaskan pipa <i>intake intercooler</i> dengan ukuran pipa kecil dan <i>ex intercooler</i> dengan ukuran pipa yang lebih besar sampai terlepas dari housingnya Lalu mengganti grill atau kisi kisi yang sudah rusak
6	<i>Oil Breather</i>	1 Kunci <i>set toolbox</i> 2 Obeng + dan - 3 Sarung tangan 4 Filter oli baru	90 Menit	1 Mekanik	Melepas <i>oil breather</i> dari genset utama. Setelah itu melakukan pembongkaran pada <i>oil breather</i> dan melakukan penggantian filter baru.
7	<i>Vibration Damper</i>	1 Kunci <i>set toolbox</i> 2 Obeng + dan - 3 Sarung tangan 4 <i>Spring mounting</i> 5 <i>Crane</i>	90 Menit	2 Mekanik	Melakukan pelepasan genset dengan <i>vibration damper</i> dan melakukan pengangkatan genset menggunakan crane. Melakukan pelepasan <i>vibration damper</i> dan mengganti komponen <i>spring mounting</i> .

3.8. *Estimasi Biaya*

Perhitungan estimasi biaya untuk melakukan perawatan dan perbaikan Genset kereta api Tipe MTU1600 500 kVa Periode 2024 s.d 2029 adalah

hal yang penting untuk dilakukan, hal tersebut bertujuan agar dapat menentukan anggaran biaya yang harus dikeluarkan dalam periode tertentu.

Berikut merupakan poin-poin yang digunakan untuk perhitungan estimasi biaya perawatan dan perbaikan Genset kereta api Tipe MTU1600 500 kVa Periode 2024 s.d 2029 [12].

1. Suku bunga Bank Indonesia
2. Biaya tenaga kerja
3. Harga suku cadang dan komponen pendukung

3.8.1 Suku Bunga Bank Indonesia

Untuk suku bunga Bank Indonesia yang sudah ditentukan berdasarkan putusan rapat bulan Mei tahun 2024 adalah sebesar 2,84 %. Nilai tersebut berdasarkan sumber dari situs website resmi Bank Indonesia [15].

3.8.2 Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja perbulan untuk wilayah Kota Surabaya pada tahun 2024 saat ini adalah sebesar Rp. 4.725.479,00. Nilai tersebut berdasarkan sumber dari situs website resmi BAPPEDA Jatim [16]. Bekerja 5 hari dalam satu minggu, dan 4 minggu dalam satu bulan. Sehingga perhitungan gaji karyawan yang didapat permenit adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mekanik} &= \frac{\text{Rp.4.725.479,00}}{8 \times 5 \times 4} = \text{Rp. 29.534,00/jam} \\ &= \text{Rp. 29.534,00:60 menit} \\ &= \text{Rp. 492/menit} \end{aligned}$$

Untuk proses perawatan dan perbaikan suatu komponen pastinya memerlukan durasi yang berbeda setiap komponennya. Selain itu juga membutuhkan jumlah tenaga kerja yang berbeda setiap komponen yang dikerjakan. Berikut ini merupakan daftar durasi dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dalam melakukan perawatan dan perbaikan genset Tipe MTU1600 500 kVa.

Tabel 10. Durasi dan Biaya Kerja

No	Kegiatan	Tingkatan	Durasi (Menit)	Jumlah Tenaga Kerja	Upah (Rp)
1	Perawatan Preventif <i>Press Water Pump</i>	Mekanik	70 Menit	1 Mekanik	Rp. 34.440
2	Perawatan Preventif <i>cylinder head dan gasket</i>	Mekanik	90 Menit	1 Mekanik	Rp. 44.280
3	Penggantian baling baling <i>Turbo Charger</i>	Mekanik	120 Menit	1 Mekanik	Rp. 118.080
4	Penggantian <i>nozzle Hp Pump</i>	Mekanik	120 Menit	1 Mekanik	Rp. 59.040
5	Penggantian kabel dan sensor ECU	Mekanik	120 Menit	1 Mekanik	Rp. 59.040
6	Penggantian <i>nozzle Injector</i>	Mekanik	120 Menit	1 Mekanik	Rp. 59.040
7	Penggantian <i>grill/kisi kisi Intercooler</i>	Mekanik	90 Menit	1 Mekanik	Rp. 44.280
8	Penggantian filter baru <i>Oil Breather</i>	Mekanik	90 Menit	1 Mekanik	Rp. 44.280
9	Penggantian <i>spring mounting pada Vibration Damper</i>	Mekanik	90 Menit	2 Mekanik	Rp. 88.560

Berdasarkan tabel diatas proses pengerjaan perawatan dan perbaikan tergantung pada kondisinya. Sehingga total pada nilai biaya dipengaruhi oleh waktu proses pengerjaan dan jumlah teknisi yang dibutuhkan.

3.8.3 Suku Cadang Dan Material Penunjang

Rincian estimasi biaya suku cadang dan material penunjang dengan mengasumsikan nilai suku bunga pada bulan Mei tahun 2024 sebesar 2,84

%. Nilai tersebut berdasarkan sumber dari situs website resmi Bank Indonesia tentang inflasi [17].

3.9. Estimasi Biaya Per tahun

Perhitungan estimasi biaya perawatan dan perbaikan Genset Tipe MTU1600 500 kVa dihitung secara per tahun agar memudahkan perusahaan untuk mengatur anggaran biaya yang harus dikeluarkan untuk proses perawatan dan perbaikan mesin. Berikut ini adalah estimasi biaya perawatan dan perbaikan yang dilakukan selama 5 periode.

3.10. Total Estimasi Biaya Perencanaan Perawatan dan Perbaikan

Hasil perhitungan estimasi biaya perencanaan perawatan dan perbaikan per tahun akan didapat total estimasi biaya pengeluaran untuk kegiatan perawatan dan perbaikan pada Genset kereta api Tipe MTU1600 500 kVa periode 2025 s.d 2029. Total biaya yang dikeluarkan selama lima periode adalah sebagai berikut.

Tabel 11. Total Estimasi Biaya Selama 5 Periode

No	Tahun	Estimasi Biaya
1	2025	Rp. 3.384.227
2	2026	Rp. 5.059.646
3	2027	Rp. 16.294.298
4	2028	Rp. 11.839.354
5	2029	Rp. 8.553.542
Total		Rp. 45.131.067

Dari tabel 11. total dari biaya selama lima periode perawatan dan perbaikan Genset kereta api Tipe MTU1600 500 kVa Periode 2025 s.d 2029 menghabiskan biaya Rp. 45.131.067,00. Total dari biaya tersebut meliputi biaya tenaga kerja, pembelian komponen dan alat penunjang lainnya. Jenis kegiatan pada perawatan Genset kereta api Tipe MTU1600 500 kVa adalah preventif dan korektif. Untuk kegiatan preventif yang dilakukan antara lain kebersihan area mesin, pemberian pelumas pada komponen tertentu dan *adjustment* dari komponen yang perlu dilakukan kegiatan perbaikan. Serta untuk kegiatan korektif adalah kegiatan penggantian komponen meliputi penggantian baling baling *Turbocharger*, *nozzle Hp Pump*, sensor ECU, *nozzle Injector*, *grill Intercooler*, filter *Oil Breather*, dan *Spring mounting pada Vibration Damper*.

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perencanaan perawatan dan perbaikan Genset kereta api Tipe MTU1600 500 kVa periode 2024-2029 memerlukan identifikasi komponen kritis yang meliputi *Press Water Pump*, *Cylinder Head* dan *Gasket*, *Turbo Charger*, *Hp Pump*, dan *ECU* dengan permasalahan utama berupa kerusakan *nozzle*, keausan *gasket*, kerusakan baling-baling *turbo charger*, kemacetan *nozzle Hp Pump*, dan gangguan sensor *ECU*. Implementasi metode *FMEA (Failure Mode Effect Analysis)* terbukti efektif dalam menganalisis penyebab kerusakan dan menyusun jadwal perencanaan perawatan yang sistematis, sehingga dapat mengoptimalkan kinerja genset dan meminimalkan *downtime* operasional. Penelitian ini juga menghasilkan estimasi biaya perawatan dan perbaikan selama lima periode sebesar Rp. 45.131.067,00 yang mencakup biaya tenaga kerja, pengadaan komponen pengganti, dan alat penunjang, memberikan dasar perencanaan anggaran

yang akurat untuk pengelolaan aset genset kereta api secara efisien dan berkelanjutan.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Malang dan : UPT. Balai Yasa Surabaya sehingga tulisan ini terwujud.

Referensi

- [1] Aribowo, D., Desmira, D., & Fauzan, D. A. (2020). Sistem Perawatan Mesin Genset Di PT (Persero) Pelabuhan Indonesia II. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP* (Vol. 3, No. 1, pp. 580-594).
- [2] Anam, S., & Ramadhan, G. (2022). Perawatan Genset 2000 kVA Di Gedung Apartement TP Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *ISMETEK*, 13(1).
- [3] Arsyad, M., & Sultan, A. Z. (2018). *Manajemen perawatan*. Deepublish.
- [4] D. Aribowo, D. Desmira, and D. A. Fauzan, "Sistem Perawatan Mesin Genset Di PT (Persero) Pelabuhan Indonesia II," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP*, vol. 3, no. 1, pp. 580-594, 2020.
- [5] S. Anam and G. Ramadhan, "Perawatan Genset 2000 kVA Di Gedung Apartement TP Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *ISMETEK*, vol. 13, no. 1, 2022.
- [6] B. Puthillath and R. Sasikumar, "Selection of maintenance strategy using failure mode effect and criticality analysis," *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, vol. 1, no. 6, pp. 73-79, 2012.
- [7] Gengner, Jurgen. (2013). *Tribology Fundamentals and Advancements*. Rijeka: Intech
- [8] Hantoro, Sirod. (1990). *Teknologi Pemeliharaan Mesin Perkakas*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta
- [9] Manzini, R. (2010). *Maintenance for Industrial System*, London: Springer
- [10] McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). *Fmea*. New York: Taylor & Francis Group.
- [11] Nasution, M., Bakhori, A., & Novarika, W. (2021). Manfaat perlunya manajemen perawatan untuk bengkel maupun industri. *Buletin Utama Teknik*, 16(3), 248-252.
- [12] Puthillath, B., & Sasikumar, R. (2012). Selection of maintenance strategy using failure mode effect and criticality analysis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 1(6), 73-79.
- [13] Sunarlik, W. (2011). Prinsip Kerja Generator Sinkron. *Jurnal November*.
- [14] Saputra, B. D. (2023). Penyusunan Standar Operasional Prosedur Pembongkaran Genset Pembangkit Tipe MTU 1600 Di Unit Genset UPT. Balai Yasa Surabaya Gubeng.
- [15] Bank Indonesia
<https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>
- [16] website resmi BAPPEDA Jatim
<https://bappeda.jatimprov.go.id/2023/12/04/tetapkan-umk-jatim-2024-gubernur-khofifah-berlandaskan-keadilan-untuk-dorong-pertumbuhan-ekonomi-dan-kesejahteraan-masyarakat/>
- [17] website resmi Bank Indonesia
<https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>.