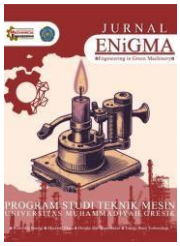
Engineering in Green Machinery Vol,2 No.2 (2025) Hal. 87-93
e-ISSN: 3089-770X

E N i G M A

https://journal.umg.ac.id/index.php/enigma



ANALISIS PEMELIHARAAN DAN KINERJA BOGIE KERETA TB-398: STUDI KASUS DI DEPO PASARTURI

Ahmad Dedy Agus Cahyono*[1], Ilham Arifin Pahlawan[2]
[1,2]Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
e-mail: *[1]ahmaddedyagus04@gmail.com [2]ilhamarifin@umg.ac.id

Abstrak

Bogie merupakan komponen vital dalam sistem kereta api yang mempengaruhi kenyamanan, kestabilan, dan keselamatan operasional kereta. Artikel ini mengulas spesifikasi teknis dari bogie kereta TB-398 dan penerapan strategi pemeliharaan yang dilakukan di Depo Pasarturi untuk menjaga kinerja dan keamanan operasional kereta. Menggunakan pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), artikel ini mengidentifikasi komponen-komponen kritis dari bogie TB-398 yang memerlukan perhatian khusus dalam perawatannya, seperti diameter roda, jarak antar roda, dan beban maksimum per poros. Berdasarkan hasil analisis FMEA, prioritas pemeliharaan ditentukan untuk setiap komponen, dengan fokus pada pemeliharaan preventif dan prediktif. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemeliharaan yang terencana dan berkala dapat mengurangi risiko kegagalan sistem dan memperpanjang usia operasional bogie TB-398. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pengelolaan pemeliharaan kereta api untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional di Depo Pasarturi.

Kata kunci— *Bogie kereta, Depo Kereta Pasarturi, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), kereta TB-398, pemeliharaan prediktif, pemeliharaan preventif.*

Abstract

The bogie is a vital component in the train system that affects the comfort, stability, and safety of train operations. This paper discusses the technical specifications of the TB-398 train bogie and the maintenance strategies implemented at Pasarturi Depot to maintain the performance and safety of the train operations. Using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) approach, this paper identifies critical components of the TB-398 bogie that require special attention in maintenance, such as wheel diameter, axle distance, and maximum axle load. Based on the FMEA analysis, maintenance priorities are determined for each component, focusing on preventive and predictive maintenance. The study shows that planned and periodic maintenance can reduce the risk of system failures and extend the operational lifespan of the TB-398 bogie. The findings provide valuable insights for train maintenance management to improve operational efficiency and safety at Pasarturi Depot.

Keywords— *Train bogie, Pasarturi Train Depot, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), TB-398 train, predictive maintenance, preventive maintenance.*

Received 1 November 2025; Received in revised form 7 November 2025; Accepted 24 November 2025
Available online 29 Desember 2025
https://doi: https://journal.umg.ac.id/index.php/enigma/index
© 2025 OJS UMG. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem transportasi kereta api, bogie memegang peranan yang sangat penting dalam menjaga stabilitas, kenyamanan, dan keselamatan operasional kereta. Komponen ini berfungsi sebagai penopang utama bagi kereta, menghubungkan antara rangka kereta dengan roda serta memastikan gerakan yang halus dan efisien selama perjalanan. Bogie kereta TB-398, sebagai salah satu jenis bogie yang digunakan oleh PT. Kereta Api Indonesia, dirancang untuk dapat menahan beban operasional yang besar dan beroperasi dalam berbagai kondisi medan. Oleh karena itu, pemeliharaan berkala pada komponen ini sangatlah penting guna menghindari kerusakan yang dapat mengganggu operasional kereta [1].

Di Depo Pasarturi, yang merupakan salah satu fasilitas pemeliharaan kereta terbesar di Indonesia, kegiatan perawatan dan pemeriksaan terhadap bogie TB-398 dilakukan secara rutin untuk memastikan setiap komponen berfungsi dengan baik. Pemeliharaan ini tidak hanya bertujuan untuk memperpanjang umur pakai bogie, tetapi juga untuk meningkatkan keselamatan perjalanan kereta serta mengurangi *downtime* yang dapat merugikan Perusahaan [2].

Namun, seiring dengan berjalannya waktu, beberapa komponen bogie TB-398 dapat mengalami penurunan performa, yang jika tidak ditangani dengan tepat, dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah. Untuk itu, diperlukan pendekatan yang sistematis dalam menganalisis risiko kegagalan pada setiap komponen bogie, salah satunya dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini memungkinkan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada komponen tertentu, menganalisis dampaknya terhadap operasional kereta, serta menentukan prioritas perawatan yang sesuai [3].

Artikel ini bertujuan untuk mengkaji spesifikasi dan performa bogie kereta TB-398, serta strategi pemeliharaan yang diterapkan di Depo Pasarturi berdasarkan hasil analisis FMEA. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi penting dalam perbaikan sistem pemeliharaan kereta dan meningkatkan efisiensi operasional kereta api di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pemeliharaan dan kinerja bogie kereta TB-398 di Depo Pasarturi dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas pemeliharaan komponen-komponen yang paling kritis[4]. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi Komponen dan Spesifikasi: Mengidentifikasi spesifikasi teknis dan komponen utama bogie TB-398 seperti roda, poros, dan suspensi.
2. Pengumpulan Data Kerusakan: Mengumpulkan data kerusakan dan downtime dari laporan pemeliharaan di Depo Pasarturi.
3. Analisis Risiko dengan FMEA: Menganalisis potensi kegagalan pada komponen menggunakan parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN).
4. Penentuan Strategi Pemeliharaan: Menentukan jenis pemeliharaan berdasarkan RPN, yaitu prediktif, preventif, atau korektif.
5. Pembuatan Diagram Pareto: Menggunakan diagram Pareto untuk mengidentifikasi komponen dengan masalah terbesar (80% masalah dari 20% komponen).
6. Evaluasi dan Rekomendasi: Memberikan rekomendasi pemeliharaan dan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional.

Untuk menentukan nilai Risk Priority Number (RPN) menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), kita harus menilai tiga parameter utama[4], yaitu Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D). Berikut adalah penjelasan dan skala penilaian untuk setiap parameter:

1. ***Severity* (S)** - Tingkat Keparahan Dampak Kegagalan

   Severity mengukur seberapa besar dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan komponen terhadap operasional kereta. Skala severity berkisar dari 1 (dampak minimal) hingga 10 (dampak sangat serius yang membahayakan keselamatan). Di tunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Penentuan nilai *severity*

Tingkat Efek	Kriteria	Severity (S)
10	Kerusakan komponen membahayakan keselamatan kerja secara tiba-tiba	10
9	Kerusakan komponen membahayakan keselamatan kerja dengan peringatan	9
8	*Downtime* lebih dari 5 hari	8
7	*Downtime* lebih dari 2 hari	7
6	*Downtime* lebih dari 8 jam	6
5	*Downtime* lebih dari 4 jam	5
4	*Downtime* lebih dari 2 jam	4
3	*Downtime* lebih dari 1 jam	3
2	*Downtime* sampai 1 jam	2
1	Tidak ada dampak terhadap operasional	1

2. ***Occurrence* (O)** - Kemungkinan Terjadinya Kegagalan

Occurrence mengukur seberapa sering kegagalan komponen terjadi selama periode penggunaan. Skala occurrence berkisar dari 1 (sangat jarang) hingga 10 (terjadi sangat sering). Di tunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Penentuan nilai occurrence

Tingkat Probabilitas Terjadi	Kriteria	Occurrence (O)
10	Lebih besar dari 50 per 1 tahun penggunaan	10
9	25-50 per 1 tahun penggunaan	9
8	15-24 per 1 tahun penggunaan	8
7	5-14 per 1 tahun penggunaan	7
6	Lebih kecil dari 5 per 1 tahun penggunaan	6
5	1 kali per 1 tahun penggunaan	5
4	1 kali per 2-3 tahun penggunaan	4
3	1 kali per 4-5 tahun penggunaan	3
2	1 kali per lebih dari 5 tahun penggunaan	2
1	Tidak pernah terjadi kegagalan	1

3. ***Detection* (D)** - Kemampuan Deteksi Kegagalan

Detection mengukur kemampuan untuk mendeteksi kegagalan komponen sebelum kejadian terjadi. Skala detection berkisar dari 1 (pasti terdeteksi) hingga 10 (sangat sulit atau tidak dapat terdeteksi). Di tunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Penentuan nilai *detection*

Tingkat Deteksi	Kriteria	Detection (D)
10	Tidak mampu terdeteksi	10
9	Sangat sulit terdeteksi	9
8	Sulit terdeteksi	8
7	Sangat rendah terdeteksi	7
6	Rendah terdeteksi	6
5	Sedang terdeteksi	5
4	Cukup tinggi terdeteksi	4
3	Tinggi terdeteksi	3
2	Sangat tinggi terdeteksi	2

1	Pasti terdeteksi	1

pada pemeliharaan bogie kereta TB-398 adalah hasil matematis dari tiga parameter utama, yaitu keseriusan efek (*Severity*), kemungkinan terjadinya penyebab yang menyebabkan kegagalan yang berhubungan dengan efek (*Occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (*Detection*). Persamaan berikut menunjukkan cara perhitungan nomor prioritas risiko atau *Risk Priority Number* (RPN):

$$\boldsymbol{RPN = S \times O \times D} \qquad \boldsymbol{RPN = 9 \times 4 \times 6 = 216}$$

Dimana:

- S (*Severity*): Tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap operasional kereta.
- O (*Occurrence*): Kemungkinan terjadinya kegagalan pada komponen dalam jangka waktu tertentu.
- D (*Detection*): Kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi.

Setelah menghitung RPN untuk setiap komponen pada bogie TB-398, hasilnya digunakan untuk menentukan prioritas pemeliharaan, baik prediktif, preventif, atau korektif.

Diagram Pareto adalah alat statistik yang digunakan untuk pengambilan keputusan berdasarkan frekuensi kejadian dan penyebab kejadian. Dalam konteks pemeliharaan bogie TB-398, diagram Pareto membantu mengidentifikasi komponen-komponen yang paling sering mengalami kegagalan, sehingga memberikan dampak signifikan terhadap downtime dan kinerja kereta [5]. Berdasarkan prinsip Pareto (80/20), sering kali 80% masalah disebabkan oleh 20% penyebab.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penerapan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada komponen-komponen bogie kereta TB-398, berikut adalah hasil perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap komponen di tunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil RPN

Komponen	***Severity* (S)**	***Occurrence* (O)**	***Detection* (D)**	**RPN (SxOxD)**
Brake Beam	9	4	6	216
Center Plate	8	5	5	200
Bearing	10	4	4	160
Brake Block	7	6	3	126

Dari tabel 4. terlihat bahwa nilai RPN tertinggi terdapat pada komponen *Brake Beam* dengan nilai 216, diikuti oleh *Center Plate* sebesar 200, kemudian Bearing sebesar 160, dan terakhir *Brake Block* dengan 126. Berdasarkan perhitungan ini, dapat disimpulkan bahwa kedua komponen ini memiliki prioritas tinggi dalam dalam pemeliharaan untuk mencegah terjadinya kerusakan.

a) Strategi Pemeliharaan Berdasarkan RPN

Berdasarkan nilai RPN yang telah dihitung, berikut adalah strategi pemeliharaan yang diusulkan:

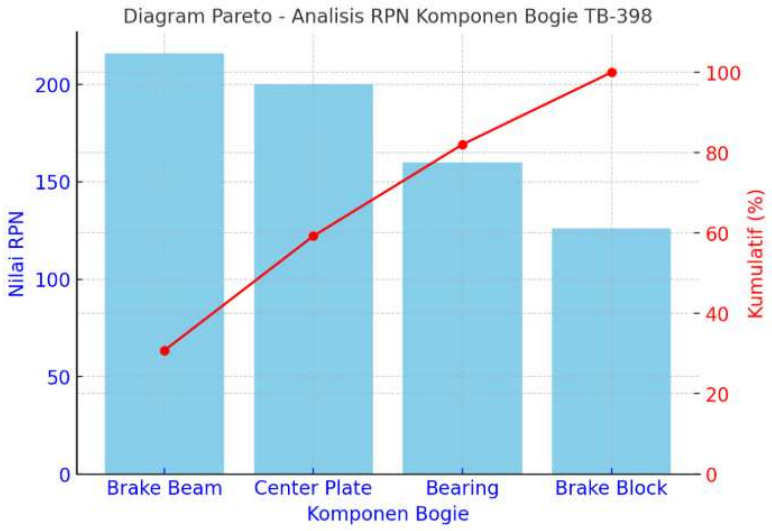
- *Brake Beam*: Dengan RPN tertinggi, brake beam merupakan komponen paling kritis. Potensi retak atau deformasi pada beam dapat mengurangi distribusi gaya pengereman, sehingga berisiko langsung pada keselamatan. Kerusakan ini sulit dideteksi hanya dengan inspeksi visual rutin, sehingga diperlukan pemantauan prediktif dengan metode *non-destructive testing* (NDT) seperti dye penetrant atau *magnetic particle test*.
- *Center Plate*: Nilai RPN yang tinggi menunjukkan bahwa keausan dan kekurangan pelumasan pada center plate sering menjadi sumber masalah kestabilan. Kondisi ini dapat menyebabkan hunting

(getaran lateral berulang) dan memperbesar risiko derailment jika dibiarkan. Oleh karena itu, strategi pemeliharaan preventif dengan pelumasan berkala serta pengukuran *wear* sangat diperlukan.

- Bearing: Meskipun memiliki Severity paling tinggi (**S = 10**), nilai RPN bearing lebih rendah dibanding brake beam dan center plate karena peluang kejadian (O) relatif moderat dan tingkat deteksi (D) lebih baik dengan adanya sistem pemantauan temperatur (*hotbox detector*). Kerusakan bearing dapat menimbulkan konsekuensi fatal berupa spalling, overheating, bahkan derailment. Pemeliharaan prediktif berbasis monitoring kondisi menjadi solusi utama.
- *Brake Block*: Komponen ini memiliki nilai RPN terendah (**126**), karena walaupun sering mengalami keausan, tingkat deteksi cukup tinggi dan risiko keselamatan relatif lebih terkendali dibandingkan komponen lain. Kerusakan brake block dapat menambah jarak pengereman, meningkatkan konsumsi energi, serta menimbulkan panas berlebih pada roda. Pemeliharaan preventif berupa inspeksi rutin dan penggantian block sebelum mencapai batas minimum sangat efektif.

b) Diagram Pareto

Dengan menggunakan prinsip Pareto 80/20, dapat dilihat bahwa sekitar 80% risiko kegagalan berasal dari tiga komponen utama: Brake Beam (30,8%), Center Plate (28,5%), dan Bearing (22,8%). Sementara itu, Brake Block hanya menyumbang 17,9% dari total risiko. Oleh karena itu, fokus pemeliharaan sebaiknya diberikan pada tiga komponen utama tersebut.



Gambar 1.diagram pareto

Berdasarkan gambar 1, Diagram Pareto analisis RPN komponen bogie TB-398 Diagram Pareto menunjukkan bahwa tiga komponen utama, yaitu *Brake Beam, Center Plate*, dan Bearing, Garis merah pada Diagram Pareto menunjukkan persentase kumulatif nilai RPN yang dihitung dari penjumlahan bertahap RPN setiap komponen terhadap total RPN keseluruhan. Persentase ini menggambarkan kontribusi akumulatif risiko kegagalan, dimulai dari komponen dengan RPN tertinggi hingga terendah. Dari grafik terlihat bahwa Brake Beam dan Center Plate sudah menyumbang lebih dari setengah total risiko, dan setelah ditambah Bearing, persentase kumulatif mencapai lebih dari 80%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar risiko kegagalan sistem bogie berasal dari beberapa komponen utama, sehingga komponen tersebut menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan dan pemeliharaan.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa komponen paling kritis pada bogie TB-398 adalah Brake Beam (RPN 216), diikuti oleh Center Plate (RPN 200) dan Bearing (RPN 160). Ketiga komponen ini menyumbang sekitar 82% dari total risiko kegagalan, sehingga harus menjadi prioritas utama dalam strategi pemeliharaan dengan kombinasi metode prediktif dan preventif. Sementara itu, Brake Block memiliki RPN

terendah (126) dan cukup ditangani melalui pemeliharaan preventif rutin. Dengan fokus pada komponen kritis, risiko kerusakan dapat ditekan, downtime berkurang, serta keselamatan dan keandalan operasional kereta api dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Jamil, M., & Farhan, M. (2020). *Failure Analysis and Maintenance Strategies of Railway Bogie Components*. Journal of Mechanical Engineering and Applications, 9(4), 221–230.

[2] Hardianto, A. (2023). *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dalam Meningkatkan Kinerja Sistem Pemeliharaan Kereta Api*. Jurnal Teknik Industri, 15(2), 98–112.

[3] Situngkir, D. I., & Tambunan, D. R. S. (2019). *Aplikasi FMEA pada Sistem Pemeliharaan Peralatan Industri untuk Mengurangi Downtime*. Jurnal Teknik Mesin, 22(3), 230–238.

[4] Kumar, S., & Tiwari, A. (2021). *Application of FMEA in Railway Bogie Maintenance: Case Study on Bearing and Brake Systems*. International Journal of Railway Technology, 10(2), 45–59.

[5] Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). *A Framework for Maintenance Concept Development*. International Journal of Production Economics, 77(3), 299–313.