

OPTIMASI KEANDALAN KENDARAAN OPERASIONAL MELALUI PREVENTIVE MAINTENANCE BERDASARKAN ANALISIS MTBF DAN MTTR

Bantu Hotsan Simanullang, Adi Muhammad Fauzan

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,

hotsanitbu@gmail.com

Abstrak

Kendaraan operasional merupakan aset penting yang mendukung kelancaran aktivitas perusahaan, sehingga tingkat keandalan dan ketersediaannya perlu dijaga melalui penerapan *preventive maintenance*. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas *preventive maintenance* dalam meningkatkan *reliability* dan *availability* kendaraan menggunakan indikator *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data historis kerusakan, *downtime*, dan perawatan kendaraan operasional. Hasil penelitian menunjukkan total *downtime* sebesar 152 jam dengan 19 kejadian kerusakan. Nilai MTBF mengalami penurunan dari 52 jam menjadi 20 jam, sementara MTTR tetap stabil sebesar 8 jam. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan *downtime* lebih dipengaruhi oleh frekuensi kerusakan dibandingkan waktu perbaikan. Selain itu, *availability* kendaraan juga menurun dari 86,67% menjadi 71,43%. Dengan demikian, diperlukan optimalisasi *preventive maintenance* berbasis kondisi untuk meningkatkan keandalan kendaraan.

Kata kunci: *preventive maintenance, MTBF, MTTR, downtime, reliability, availability, kendaraan operasional.*

I. PENDAHULUAN

Kendaraan operasional merupakan aset strategis yang berperan penting dalam mendukung kelancaran aktivitas industri, khususnya dalam proses distribusi, mobilisasi tenaga kerja, dan pelayanan operasional. Tingginya intensitas penggunaan kendaraan menyebabkan peningkatan risiko kerusakan yang berdampak langsung terhadap *downtime*, sehingga mempengaruhi produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan (Jardine et al., 2006). Oleh karena itu, pengelolaan sistem pemeliharaan yang efektif menjadi kebutuhan utama dalam menjaga keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) kendaraan operasional.

Preventive maintenance merupakan pendekatan yang umum digunakan untuk mencegah terjadinya kerusakan dengan cara melakukan perawatan secara terjadwal. Pendekatan ini terbukti mampu mengurangi frekuensi kegagalan serta meningkatkan umur pakai komponen (Dhillon, 2002). Selain itu, efektivitas *preventive maintenance* dapat

dianalisis menggunakan indikator keandalan seperti *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR), yang berfungsi untuk mengevaluasi tingkat kerusakan dan efisiensi proses perbaikan (Ebeling, 2019). Namun, dalam praktiknya, masih banyak perusahaan yang mengalami peningkatan *downtime* meskipun *preventive maintenance* telah diterapkan.

Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada analisis hubungan antara *preventive maintenance* dengan penurunan *downtime* atau peningkatan *reliability* secara umum (Muchiri & Pintelon, 2008). Namun demikian, masih terdapat keterbatasan dalam mengidentifikasi faktor dominan yang mempengaruhi kenaikan *downtime*, khususnya dalam membedakan pengaruh antara frekuensi kerusakan yang direpresentasikan oleh MTBF dan durasi perbaikan yang direpresentasikan oleh MTTR. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu menguraikan kontribusi kedua parameter tersebut secara lebih spesifik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) dengan menunjukkan bahwa peningkatan downtime kendaraan operasional lebih dominan dipengaruhi oleh meningkatnya frekuensi kerusakan (penurunan MTBF) dibandingkan oleh lamanya waktu perbaikan (MTTR). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi preventive maintenance yang lebih berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) guna meningkatkan keandalan dan ketersediaan kendaraan operasional..

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis efektivitas penerapan *preventive maintenance* terhadap keandalan dan ketersediaan kendaraan operasional. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran objektif berdasarkan data numerik terkait frekuensi kerusakan, waktu perbaikan, serta tingkat downtime kendaraan.

Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan menggunakan parameter keandalan (*reliability*) dan pemeliharaan (*maintainability*), yaitu *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR), serta indikator ketersediaan (*availability*). MTBF digunakan untuk mengukur rata-rata waktu antar kerusakan, sedangkan MTTR digunakan untuk mengukur rata-rata waktu yang diperlukan dalam proses perbaikan.

2.1. Perhitungan Parameter

1. MTBF = total waktu operasi / jumlah kerusakan
2. MTTR = total waktu perbaikan / jumlah kerusakan
3. Downtime total dan downtime rate
4. Availability = $MTBF / (MTBF + MTTR)$

2.2. Analisis Data

Menganalisis hubungan antara *preventive maintenance* dengan *downtime*, serta mengevaluasi perubahan nilai MTBF dan MTTR terhadap tingkat keandalan kendaraan.

2.3. Interpretasi Hasil

Menentukan faktor dominan yang mempengaruhi peningkatan *downtime*, apakah berasal dari frekuensi kerusakan atau lamanya proses perbaikan.

2.4. Penarikan Kesimpulan dan Rekomendasi

Menyusun kesimpulan berdasarkan hasil analisis serta memberikan rekomendasi perbaikan sistem *maintenance*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

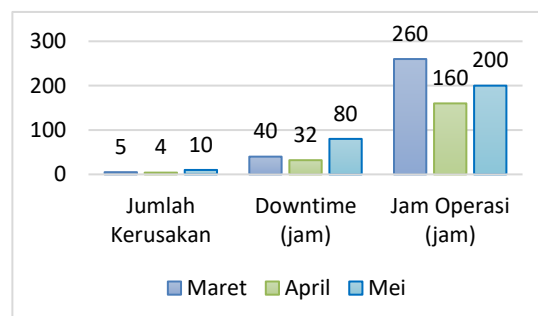
3.1. Analisis Downtime Kendaraan Operasional

Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh total *downtime* kendaraan operasional sebesar 152 jam dengan jumlah kerusakan sebanyak 19 kejadian selama periode penelitian. Peningkatan downtime yang signifikan terjadi pada bulan Mei dengan nilai mencapai 80 jam, yang menunjukkan adanya gangguan operasional yang cukup besar dibandingkan bulan sebelumnya.

Tabel 1. Data Downtime Kendaraan Operasional

Bulan	Kerusakan	Downtime (jam)	Jam Operasi
Maret	5	40	260
April	4	32	160
Mei	10	80	200

Sumber: Penelitian mandiri



Gambar 3.1 Grafik *Downtime* Kendaraan Operasional

Sumber: Penelitian mandiri

Selain itu, hasil perhitungan downtime rate menunjukkan tren peningkatan dari bulan Maret hingga Mei. Hal ini mengindikasikan bahwa proporsi waktu kendaraan yang tidak beroperasi semakin besar terhadap total waktu operasional. Kondisi ini berpotensi menurunkan produktivitas serta efisiensi penggunaan kendaraan operasional.

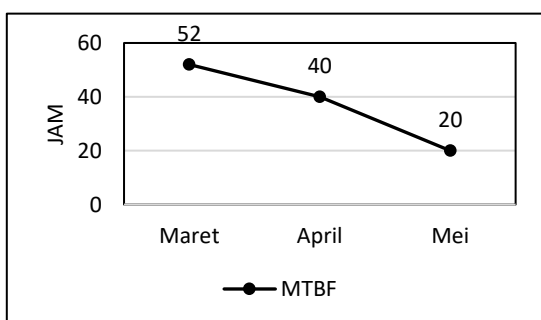
3.2. Analisis Reliability menggunakan MTBF

Nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) menunjukkan tren penurunan yang signifikan, yaitu dari 52 jam pada bulan Maret menjadi 20 jam pada bulan Mei. Penurunan nilai MTBF ini menunjukkan bahwa frekuensi kerusakan kendaraan semakin meningkat, sehingga tingkat keandalan kendaraan operasional mengalami penurunan.

Tabel 2. Perhitungan MTBF

Bulan	MTBF (jam)
Maret	52
April	40
Mei	20

Sumber: Penelitian mandiri



Gambar 3.2 Grafik MTBF Kendaraan Operasional

Sumber: Penelitian mandiri

Penurunan MTBF tersebut diduga dipengaruhi oleh tingginya intensitas

penggunaan kendaraan, khususnya pada kegiatan operasional luar kota yang menyebabkan peningkatan keausan komponen. Selain itu, adanya ketidaksesuaian antara jadwal *preventive maintenance* dengan kondisi aktual kendaraan juga berkontribusi terhadap meningkatnya frekuensi kerusakan.

3.3. Analisis Maintainability menggunakan MTTR

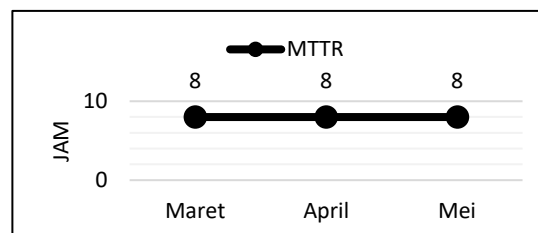
Berbeda dengan MTBF, nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) menunjukkan kondisi yang relatif stabil, yaitu sebesar 8 jam untuk setiap kejadian kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa proses perbaikan kendaraan telah berjalan secara konsisten dan efisien.

Tabel 3. Perhitungan MTTR

Bulan	MTTR (jam)
Maret	8
April	8
Mei	8

Sumber: Penelitian mandiri

Gambar 3. Grafik MTTR Kendaraan Operasional



Sumber: Penelitian mandiri

Stabilnya nilai MTTR mengindikasikan bahwa sistem pemeliharaan yang berkaitan dengan proses perbaikan, seperti ketersediaan teknisi dan prosedur kerja, telah berjalan dengan baik. Dengan demikian, peningkatan *downtime* yang terjadi tidak disebabkan oleh lamanya proses perbaikan, melainkan oleh meningkatnya jumlah kerusakan yang terjadi.

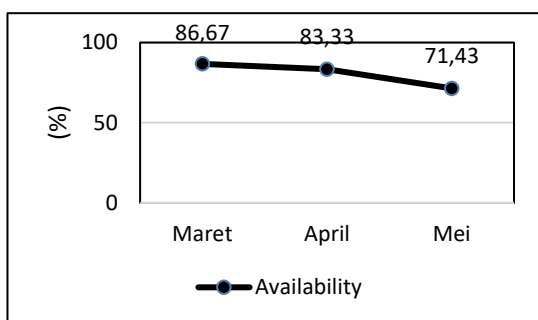
3.4. Analisis Availability Kendaraan Operasional

Nilai *availability* kendaraan operasional mengalami penurunan dari 86,67% pada bulan

Maret menjadi 71,43% pada bulan Mei. Penurunan ini menunjukkan bahwa tingkat kesiapan kendaraan dalam mendukung aktivitas operasional perusahaan semakin berkurang.

Tabel 4. Perhitungan Availability

Bulan	Availability (%)
Maret	86,67
April	83,33
Mei	71,43



Gambar .4 Grafik Availability
Kendaraan Operasional
Sumber: Penelitian mandiri

Penurunan *availability* berkorelasi langsung dengan penurunan MTBF yang menunjukkan peningkatan frekuensi kerusakan kendaraan. Sementara itu, nilai MTTR yang stabil tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan *availability*. Hal ini menguatkan bahwa faktor utama penurunan ketersediaan kendaraan adalah rendahnya tingkat keandalan.

3.5. Evaluasi Preventive Maintenance

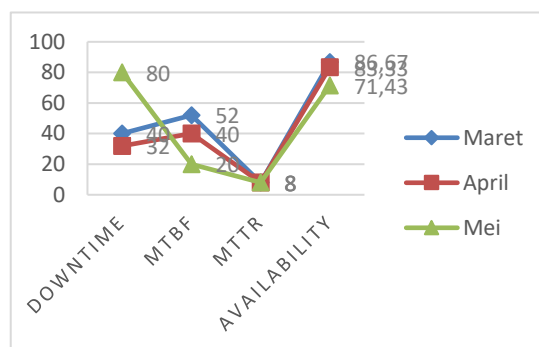
Hasil penelitian menunjukkan bahwa preventive maintenance yang diterapkan perusahaan telah mampu menjaga kestabilan proses perbaikan, namun belum efektif dalam menekan frekuensi kerusakan kendaraan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem perawatan yang diterapkan masih bersifat time-based maintenance dan belum sepenuhnya mempertimbangkan kondisi aktual komponen (*condition based maintenance*).

Tabel 5. Rekapitulasi Analisis

Bulan	Downtime	MTBF	MTTR	Availability
Maret	40	52	8	86,67
April	32	40	8	83,33
Mei	80	20	8	71,43

Sumber: Penelitian mandiri

Peningkatan *downtime* lebih dominan disebabkan oleh frekuensi kerusakan (MTBF) dibandingkan oleh lamanya waktu perbaikan (MTTR). Temuan ini memperkuat konsep dalam *reliability engineering* bahwa frekuensi kegagalan merupakan faktor dominan dalam menentukan kinerja sistem.



Gambar .5 Hubungan MTBF terhadap
Downtime

Sumber: Penelitian mandiri

Selain itu, beberapa kendala yang ditemukan dalam pelaksanaan *preventive maintenance* meliputi keterlambatan pengadaan spare part, jadwal kendaraan yang padat, serta kurang optimalnya monitoring kondisi kendaraan. Faktor-faktor tersebut menyebabkan perawatan tidak dilakukan secara tepat waktu dan memicu terjadinya kerusakan berulang.

Dengan demikian, diperlukan pengembangan strategi maintenance yang lebih adaptif, seperti penerapan *condition based maintenance* serta peningkatan sistem monitoring, agar frekuensi kerusakan dapat ditekan dan keandalan kendaraan operasional dapat ditingkatkan.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan preventive

maintenance belum sepenuhnya optimal dalam meningkatkan keandalan kendaraan operasional. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan nilai MTBF dari 52 jam menjadi 20 jam yang menandakan meningkatnya frekuensi kerusakan. Sementara itu, nilai MTTR tetap stabil sebesar 8 jam, yang menunjukkan bahwa proses perbaikan telah berjalan dengan baik. Peningkatan *downtime* terutama disebabkan oleh seringnya kerusakan, bukan lamanya waktu perbaikan. Dampaknya, nilai availability mengalami penurunan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan strategi maintenance berbasis kondisi serta peningkatan monitoring untuk mengurangi frekuensi kerusakan dan meningkatkan keandalan kendaraan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Jardine, A. K., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical systems and signal processing*, 20(7), 1483-1510.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering maintenance: a modern approach*. cRc press.
- Ebeling, C. E. (2019). *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Waveland Press.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International journal of production research*, 46(13), 3517-3535.
- Kumar, U. D., Crocker, J., Knezevic, J., & El-Haram, M. (2000). *Reliability, maintenance and logistic support:-A life cycle approach*. Springer US.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Elsevier.
- Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*. Industrial Press Inc.