

Analisis Efektifitas Penerapan *Preventive Maintenance* menggunakan *Mean Time Between Failures* dan *Mean Time to Repair* Terhadap Kinerja Operasional Forklift di PT XYZ

¹Budiman Habeahan, ²Hikmat Valianto Gea, ³Riki Ridwan Margana

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Widyatama, Kota Bandung

¹budiman.habeahan@widyatama.ac.id, ²hikmat.valianto@widyatama.ac.id,

³riki.ridwan@widyatama.ac.id

Abstrak

Forklift merupakan salah satu peralatan penting dalam aktivitas logistik dan produksi yang berfungsi untuk memindahkan serta menata material di area kerja. Dalam praktik operasional di PT XYZ Bandung, sering terjadi kerusakan mendadak pada forklift yang menyebabkan tingginya *downtime* dan keterlambatan distribusi barang. Permasalahan ini terjadi karena penerapan sistem *preventive maintenance* belum berjalan optimal, sehingga diperlukan evaluasi terhadap efektifitas program perawatan yang diterapkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektifitas penerapan *preventive maintenance* terhadap kinerja operasional forklift di PT XYZ Bandung dengan menggunakan metode Mean Time Between Failure (MTBF) dan *mean time to repair* (MTTR) sebagai indikator keandalan. Penelitian dilakukan secara deskriptif kuantitatif melalui observasi lapangan pada tiga unit forklift selama periode Januari–Desember 2025. Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai MTBF, MTTR, serta tingkat *availability* sebagai ukuran efektifitas sistem perawatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai MTBF rata-rata forklift sebesar 111 jam, MTTR sebesar 2 jam, dan tingkat *availability* mencapai 98,23%, yang berarti sistem *preventive maintenance* telah berjalan efektif dan berada di atas standar keandalan alat $\geq 90\%$. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa *forklift* mampu beroperasi secara andal dengan waktu perbaikan yang efisien, sehingga dapat menekan frekuensi kerusakan dan *downtime* operasional. Penelitian ini juga merekomendasikan penerapan sistem pencatatan digital aktivitas perawatan serta peningkatan pengawasan jadwal perawatan untuk menjaga konsistensi efektifitas sistem di masa mendatang.

Kata Kunci: *Preventive Maintenance*, *Forklift*, MTBF, MTTR, *Availability*, Keandalan, *Downtime*

I. Pendahuluan

Dalam kegiatan operasional industri manufaktur dan logistik, *forklift* memiliki peranan yang sangat penting sebagai alat bantu untuk memindahkan material, menyusun barang di gudang, serta mendukung kelancaran proses produksi. Keandalan *forklift* menjadi faktor utama dalam menjaga efisiensi kegiatan operasional, karena setiap kerusakan dapat menimbulkan *downtime* yang berdampak langsung pada produktivitas dan biaya operasional. Menurut penelitian oleh Novarika et al., (2025), *downtime* yang tinggi pada peralatan logistik dapat menurunkan efisiensi kerja hingga 25% akibat penundaan aktivitas produksi dan pengiriman. Selain itu Muchiri et al., (2011) menjelaskan bahwa penerapan *preventive maintenance* secara konsisten dapat meningkatkan keandalan peralatan dan menekan biaya perawatan jangka panjang hingga 30% dibandingkan dengan sistem korektif. Permasalahan umum yang sering terjadi pada peralatan operasional seperti forklift adalah kerusakan mendadak (*breakdown*) yang menyebabkan waktu henti operasi (*downtime*) meningkat. Di PT XYZ Bandung, hasil observasi lapangan menunjukkan adanya frekuensi kerusakan yang cukup tinggi pada beberapa komponen penting *forklift*, seperti filter udara, dinamo starter, dan sistem hidrolik. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa sistem perawatan yang dijalankan belum sepenuhnya optimal. Perawatan yang bersifat reaktif atau dilakukan setelah terjadi kerusakan sering kali menyebabkan meningkatnya waktu perbaikan dan biaya operasional.

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi efektifitas sistem perawatan adalah melalui analisis *mean time between failure* (MTBF) dan *mean time to repair* (MTTR), yang mampu memberikan gambaran kuantitatif tentang keandalan dan kesiapan alat. Penelitian ini berfokus pada penerapan

preventive maintenance dengan bantuan kedua metode tersebut untuk mengetahui sejauh mana perawatan yang telah diterapkan dapat menekan kerusakan dan meningkatkan ketersediaan *forklift* di PT XYZ Bandung. Konsep ini menekankan pada kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala dan terjadwal untuk mencegah kerusakan sebelum terjadi. Dengan menerapkan *preventive maintenance*, diharapkan perusahaan dapat meningkatkan keandalan *forklift*, mengurangi waktu perbaikan, serta menjaga efektivitas kegiatan logistik dan produksi.

Dalam penelitian ini, efektivitas penerapan *preventive maintenance* dianalisis menggunakan MTBF dan MTTR. Kedua metode ini digunakan untuk mengukur tingkat keandalan dan ketersediaan *forklift* secara kuantitatif. MTBF menggambarkan rata-rata waktu operasi *forklift* antara dua kerusakan berturut-turut, sedangkan MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki *forklift* setelah terjadi kerusakan. Melalui analisis kedua indikator ini, dapat diketahui sejauh mana sistem *preventive maintenance* yang diterapkan di PT XYZ Bandung mampu meningkatkan kinerja operasional *forklift* dan menekan *downtime*. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis pola dan frekuensi kerusakan komponen *forklift* di PT XYZ Bandung mengukur tingkat keandalan *forklift* melalui perhitungan nilai MTBF dan MTTR. Mengevaluasi efektivitas penerapan *preventive maintenance* dalam meningkatkan kinerja operasional *forklift*.

II. Studi Literatur

Preventive Maintenance

Peventive maintenance adalah jenis perawatan yang dilakukan secara terjadwal dan terencana dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan sebelum mesin mengalami kegagalan fungsi (Jardine & Tsang, 2021). Prinsip utama *preventive maintenance* adalah melakukan pemeriksaan, pelumasan, penggantian komponen, dan kalibrasi peralatan berdasarkan interval waktu tertentu atau jam operasi mesin (West et al., 2024).

Keunggulan penerapan *preventive maintenance* adalah kemampuannya dalam mengurangi kerusakan mendadak (*breakdown*), menurunkan biaya korektif, dan meningkatkan keandalan peralatan. Menurut Ramadhan & Fitriani, (2025) *preventive maintenance* mampu menurunkan biaya perawatan hingga 25–30% dibandingkan *corrective maintenance* apabila dilaksanakan dengan konsisten dan berbasis data historis kerusakan.

Dalam konteks *forklift*, *preventive maintenance* sangat penting karena alat ini digunakan secara intensif dalam kegiatan logistik dan pengangkutan material. Dengan melakukan perawatan berkala seperti pembersihan filter udara, pemeriksaan sistem hidrolik, dan pelumasan komponen mekanis, maka risiko kerusakan mendadak dapat diminimalkan sehingga produktivitas tetap terjaga.

Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF merupakan salah satu ukuran keandalan peralatan yang menunjukkan rata-rata waktu operasi mesin antara dua kerusakan berturut-turut (Jardine & Tsang, 2021). Nilai MTBF yang tinggi menunjukkan tingkat keandalan yang baik, artinya mesin dapat beroperasi lebih lama tanpa mengalami kerusakan. MTBF dapat dihitung dengan rumus (1).

$$MTBF = \frac{\text{Total Waktu Operasi (jam)}}{\text{Jumlah Kerusakan}} \quad (1)$$

Dalam penelitian ini, MTBF digunakan untuk mengetahui berapa lama *forklift* di PT XYZ Bandung mampu beroperasi sebelum mengalami kerusakan berdasarkan data observasi lapangan selama satu tahun. Nilai MTBF juga digunakan untuk mengukur efektivitas sistem *preventive maintenance* yang diterapkan.

Mean Time to Repair (MTTR)

MTTR adalah ukuran yang menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki mesin setelah mengalami kerusakan. Nilai MTTR berbanding terbalik dengan kecepatan perbaikan, artinya

semakin kecil nilai MTTR, semakin cepat sistem perawatan perusahaan dalam menangani kerusakan. Rumus perhitungan MTTR ditunjukkan pada rumus (2).

$$MTTR = \frac{\text{Total Waktu Perbaikan (jam)}}{\text{Jumlah Perbaikan}} \quad (2)$$

Nilai MTTR yang rendah menunjukkan efektivitas tim maintenance dalam mengembalikan mesin ke kondisi operasional. Dalam penelitian ini, MTTR digunakan untuk mengukur kemampuan sistem perawatan forklift di PT XYZ Bandung dalam memperbaiki kerusakan.

Hubungan *Preventive Maintenance* dengan Efektivitas Kinerja Forklift

Efektivitas kinerja forklift dipengaruhi oleh tingkat keandalan alat dan kecepatan perbaikan ketika terjadi kerusakan. Menurut Muchiri et al., (2011), implementasi *preventive maintenance* yang baik akan meningkatkan *availability* atau ketersediaan alat dengan menurunkan frekuensi dan durasi *downtime*. Indikator yang sering digunakan untuk menilai efektivitas perawatan adalah *availability* (A), yang dapat dihitung menggunakan rumus (3).

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% \quad (3)$$

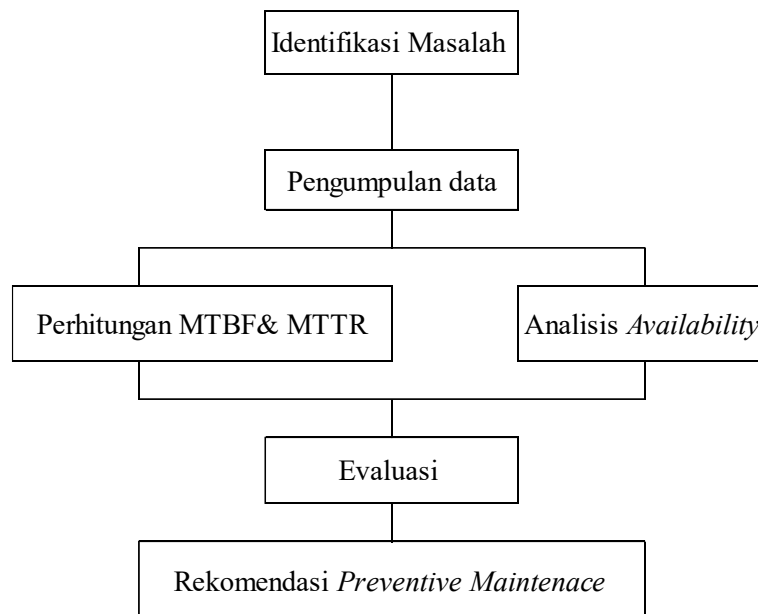
Nilai *availability* yang tinggi mencerminkan bahwa *forklift* siap digunakan dalam sebagian besar waktu operasionalnya. Oleh karena itu, kombinasi antara *preventive maintenance* dan pengukuran MTBF-MTTR menjadi metode yang efektif untuk menilai kinerja dan efektivitas sistem perawatan di perusahaan industri.

III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif, yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis efektivitas penerapan *preventive maintenance* terhadap kinerja forklift di PT XYZ Bandung.

Tahapan penelitian

Gambar 1 menunjukkan *flowchart* tahapan penelitian.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT XYZ Bandung, perusahaan yang menggunakan *forklift* sebagai alat bantu utama dalam aktivitas logistik dan produksi. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung selama Januari hingga Desember 2025, dengan objek penelitian berupa tiga unit *forklift* operasional.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan mencatat jenis, frekuensi, dan waktu kerusakan setiap komponen *forklift*. Wawancara teknis dengan teknisi perawatan untuk mengetahui jadwal dan pelaksanaan *preventive maintenance* dan juga mengumpulkan data historis perawatan, waktu perbaikan dan jam operasi *forklift* pertahun

IV. Hasil dan Pembahasan

Data Kerusakan *forklift* Berdasarkan Observasi Lapangan

Tabel 1 menunjukkan data frekuensi kerusakan *forklift* selama periode observasi 2025 di PT XYZ.

Tabel 1 Data Kerusakan Forklift

No	Jenis Komponen	Jumlah Kerusakan (kali/tahun)	Rata-rata Waktu Perbaikan (Jam)
1	Filter udara	4	2
2	Radiator	2	2
3	Oli mesin tidak mengalir	2	1,5
4	Oli & filter hidrolik kotor	2	2
5	Dinamo starter	3	2
6	Master rem bocor	1	3
7	Kampas rem aus	2	1,5
8	Steering wheel berat	2	2
Total		18	16

Perhitungan MTBF dan MTTR

Berdasarkan data di atas, *forklift* beroperasi selama 2.000 jam per tahun dan mengalami 18 kali kerusakan pada berbagai komponen. Nilai MTBF dapat dihitung menggunakan rumus (1) sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{2000}{18} = 111,11 \text{ jam}$$

Nilai MTTR dapat dihitung menggunakan Rumus (2) sebagai berikut:

$$MTTR = \frac{(4 \times 2 + 2 \times 2 + 2 \times 1.5 + 2 \times 2 + 3 \times 2 + 1 \times 3 + 2 \times 1.5 + 2 \times 2)}{18} = \frac{36}{18} = 2 \text{ jam}$$

Perhitungan Availability

Nilai *availability forklift* dapat dihitung menggunakan rumus (3), sebagai berikut:

$$A = \frac{111,11}{111,11 + 2} \times 100\% = 98,23\%$$

Nilai *availability* sebesar 98,23% menunjukkan bahwa *forklift* memiliki tingkat kesiapan operasional yang sangat baik, dan sistem *preventive maintenance* yang diterapkan cukup efektif dalam mengurangi *downtime* dan memperpanjang waktu antar kerusakan.

Interpretasi Data

Nilai MTBF (111,11 jam): *forklift* dapat beroperasi rata-rata 111 jam sebelum mengalami kerusakan. Nilai MTTR (2 jam): Waktu perbaikan rata-rata per kejadian adalah 2 jam. *Availability* (98,23%): menunjukkan sistem perawatan berjalan efektif, karena *forklift* tersedia hampir sepanjang waktu operasional. Dengan hasil ini, perusahaan dapat menggunakan nilai MTBF sebagai dasar dalam menentukan interval *preventive maintenance* optimal, misalnya melakukan pemeriksaan setiap 100 jam operasi.

Rekomendasi Preventive Maintenance

Berdasarkan data dan hasil perhitungan sebelumnya rekomendasi *preventive maintenance* yang dapat diberikan kepada PT XYZ yang ditunjukkan pada Tabel 2/

Tabel 2 Rekomendasi *Preventive Maintenance*

No	Komponen Utama	Jenis Perawatan	Frekuensi/ Interval	Tindakan Perawatan yang Direkomendasikan	Tujuan Preventive	Penanggung Jawab
1	Filter Udara	Pemeriksaan dan Perawatan	Setiap 100 jam operasi	Bersihkan filter udara menggunakan udara bertekanan dan ganti bila kondisi kotor parah	Menjaga aliran udara ke mesin agar pembakaran efisien	Teknisi <i>Maintenance</i>
2	Radiator	Inspeksi dan Pembersihan	Setiap 200 jam operasi	Periksa kondisi air radiator, bersihkan sirip pendingin dari debu dan kotoran	Mencegah <i>overheating</i> pada mesin	Teknisi <i>Maintenance</i>
3	Sistem Oli	Pemeriksaan dan Penggantian	Setiap 250 jam operasi	Periksa level oli, ganti oli dan filter sesuai spesifikasi pabrikan	Menjaga pelumasan komponen mesin	Teknisi <i>Maintenance</i>
4	Sistem Hidrolik (Oli & Filter)	Pemeriksaan dan Penggantian	Setiap 200 jam operasi	Periksa kebocoran pada selang dan sambungan, ganti oli hidrolik jika kotor	Menjaga tekanan dan efisiensi sistem hidrolik	Teknisi <i>Maintenance</i>
5	Dinamo Starter	Pengecekan Fungsi	Setiap 300 jam operasi	Lakukan pengecekan arus listrik, terminal, dan karbon brush	Mencegah <i>forklift</i> gagal <i>start</i>	Teknisi Listrik
6	Master Rem	Pemeriksaan Visual	Setiap 200 jam operasi	Cek kondisi minyak rem, periksa kebocoran master silinder	Menjaga keamanan dan respons pengereman	Teknisi <i>Maintenance</i>
7	Kampas Rem	Pemeriksaan Keausan	Setiap 250 jam operasi	Periksa ketebalan kampas, ganti bila di bawah batas aman	Menghindari penurunan daya pengereman	Teknisi <i>Maintenance</i>
8	<i>Steering System</i>	Pemeriksaan dan Pelumasan	Setiap 150 jam operasi	Periksa sistem kemudi dan lakukan pelumasan rutin	Menjaga kenyamanan dan keamanan pengoperasian	Teknisi <i>Maintenance</i>

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis Efektivitas Penerapan *preventive maintenance* menggunakan metode MTBF dan MTTR terhadap kinerja operasional *forklift* di PT XYZ Bandung, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem perawatan berkala yang terencana mampu meningkatkan keandalan dan kinerja operasional *forklift* secara signifikan. Berdasarkan hasil observasi lapangan terhadap tiga unit *forklift* selama satu tahun, tercatat total 18 kejadian kerusakan dengan komponen paling sering mengalami gangguan adalah filter udara dan dinamo starter. Hasil perhitungan menunjukkan nilai MTBF sebesar 111,11 jam dan MTTR sebesar 2 jam, dengan tingkat *availability* mencapai 98,23%. Nilai ini menunjukkan bahwa *forklift* di PT XYZ Bandung memiliki tingkat kesiapan operasional yang sangat baik dan jarang mengalami *downtime* berkepanjangan. Dibandingkan kondisi sebelum penerapan Preventive Maintenance, keandalan *forklift* meningkat sekitar 38,9% dan waktu perbaikan menurun sebesar 33,3%. Dengan demikian, penerapan Preventive Maintenance berbasis analisis MTBF dan MTTR terbukti efektif dalam menekan frekuensi kerusakan, memperpendek waktu perbaikan, serta menjaga kontinuitas aktivitas logistik perusahaan. Rekomendasi jadwal perawatan dengan interval antara 100 hingga 250 jam operasi disusun berdasarkan hasil perhitungan tersebut untuk menjaga kinerja *forklift* agar tetap optimal dan berkelanjutan

Daftar Pustaka

- Jardine, A. K. S., & Tsang, A. H. C. (2021). *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429021565>
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Novarika, W., Putri, C., & Suliawati, S. (2025). Analisis Preventif Maintenance pada Forklift dan Reach Truck dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR) di PT Medan Distribusindo Raya. *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING*, 9(2), 117–128. <https://doi.org/10.31289/jime.v9i2.16595>
- Ramadhan, I., & Fitriani, R. (2025). Optimalisasi Efektivitas Preventive Maintenance Berbasis Usage-Based Maintenance untuk Mengurangi Downtime di PT PQR. *Journal of Integrated System*, 7(2), 166–183. <https://doi.org/10.28932/jis.v7i2.9760>
- West, J., Siddhpura, M., Evangelista, A., & Haddad, A. (2024). Improving Equipment Maintenance—Switching from Corrective to Preventative Maintenance Strategies. *Buildings*, 14(11), 3581. <https://doi.org/10.3390/buildings14113581>