

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Manajemen Transportasi

2.1.1.1 Definisi Transportasi

Transportasi merupakan elemen fundamental yang menjadi tulang punggung sistem kehidupan ekonomi dan sosial suatu bangsa. Transportasi adalah salah satu mata rantai yang sangat vital dalam aktivitas perekonomian suatu negara, di mana kegiatan transportasi merupakan langkah penting dalam mengangkut muatan berupa barang dan penumpang dari satu tempat ke tempat lain, serta transportasi adalah permintaan dan penawaran jasa yang sangat berpengaruh terhadap sektor perekonomian dan pembangunan, di mana peranannya tidak hanya sebagai penyokong tetapi juga sebagai fasilitator bagi perkembangan sektor lainnya. (Akbar et al., 2024) Pemahaman ini menegaskan bahwa transportasi bukan sekadar sarana fisik pemindahan, melainkan sebuah sistem strategis yang menentukan kelancaran seluruh aktivitas perekonomian nasional secara menyeluruh.

Dalam perspektif sistem logistik modern, transportasi dipahami sebagai komponen terintegrasi yang menghubungkan seluruh simpul dalam rantai distribusi barang. Transportasi merupakan sistem yang melibatkan sarana, prasarana, tata laksana, dan sumber daya manusia yang membentuk jaringan prasarana dan pelayanan, dan merupakan fondasi dari seluruh rantai logistik yang mencakup

pengiriman barang dari satu tempat ke tempat lain, di mana tanpa dukungan transportasi yang efisien suatu negara tidak dapat mencapai hasil ekonomi yang maksimal, karena pengadaan dan kelancaran transportasi merupakan faktor utama yang mempengaruhi sektor perekonomian suatu negara. (Akbar et al., 2024) Dengan demikian, kehandalan sistem transportasi secara langsung berbanding lurus dengan kemampuan suatu negara dalam menggerakkan roda perekonomiannya.

Secara akademis, terdapat sejumlah definisi transportasi yang dikemukakan oleh para ahli dengan berbagai sudut pandang yang saling melengkapi. Menurut Morlok (1978), transportasi adalah aktivitas yang melibatkan pemindahan atau pengangkutan sesuatu dari satu lokasi ke lokasi lainnya, menciptakan jaringan konektivitas yang vital bagi perkembangan ekonomi dan sosial; sementara Bowersox (1981) memandang transportasi sebagai proses perpindahan barang atau penumpang dari suatu tempat ke tempat lain, di mana produk disampaikan ke lokasi tujuan yang diperlukan dengan atau tanpa menggunakan sarana transportasi; adapun Steenbrink (1974) menggambarkan transportasi sebagai perpindahan orang atau barang menggunakan alat atau kendaraan melewati jarak geografis yang terpisah, memfasilitasi pertukaran dan interaksi antara berbagai komunitas. Ketiga definisi tersebut secara bersama-sama membentuk pemahaman yang komprehensif bahwa transportasi adalah jembatan penghubung antara berbagai simpul aktivitas ekonomi dan sosial yang tersebar secara geografis.

2.1.1.2 Definisi dan Ruang Lingkup Manajemen Transportasi

Manajemen transportasi merupakan disiplin ilmu yang mengintegrasikan prinsip-prinsip manajemen dengan karakteristik khusus sistem transportasi guna

mencapai pengelolaan armada dan layanan pengiriman yang efisien, efektif, dan berkelanjutan. Manajemen Bisnis Transportasi merupakan disiplin ilmu yang membahas pengetahuan dan keahlian tentang manajemen, kepemimpinan, manajemen sumber daya manusia, dan operasional, dengan fokus lebih pada sisi analisis, perencanaan, dan operasi bisnis transportasi, sementara Ekonomi Transportasi membahas konsep-konsep ekonomi yang mendasari perencanaan, operasi, dan pengelolaan sistem transportasi, dengan fokus pada analisis ekonomi dalam konteks transportasi untuk memahami perilaku pengguna transportasi, alokasi sumber daya, serta dampak kebijakan dan regulasi terhadap efisiensi dan keberlanjutan sistem transportasi.

Dalam konteks industri logistik nasional, manajemen transportasi menjadi semakin kompleks seiring meningkatnya volume pengiriman dan tuntutan efisiensi biaya yang lebih tinggi. Penurunan persentase biaya logistik terhadap PDB dari 23,5% pada periode 2017–2020 menjadi 14,29% pada September 2023 mencerminkan adanya perbaikan dalam manajemen dan integrasi sistem transportasi nasional, namun kualitas layanan, ketepatan waktu, dan kemampuan pelacakan yang ditunjukkan melalui penurunan peringkat dalam Logistics Performance Index (LPI) Bank Dunia tahun 2023 mengindikasikan masih banyaknya ruang perbaikan dalam pengelolaan transportasi logistik Indonesia secara menyeluruh. (Time et al., 2025) Kondisi ini menegaskan bahwa manajemen transportasi yang efektif tidak hanya soal menekan biaya, tetapi juga menjamin kualitas, keandalan, dan ketepatan waktu layanan secara konsisten.

Manajemen transportasi yang baik mencakup empat fungsi manajerial utama yang harus dijalankan secara terpadu dan sinergis. Pertama, fungsi perencanaan (*planning*) yang mencakup penentuan rute, penjadwalan armada, dan penetapan standar pelayanan. Kedua, fungsi pengorganisasian (*organizing*) yang mencakup pembagian tugas antara pengemudi, mekanik, dan staf administrasi. Ketiga, fungsi pelaksanaan (*actuating*) yang mencakup pengendalian operasional harian armada di lapangan. Keempat, fungsi pengawasan (*controlling*) yang mencakup pemantauan kinerja armada dan pengendalian biaya operasional. Strategi manajemen operasional yang diterapkan pada sektor transportasi memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi dan kualitas layanan, di mana perencanaan operasional yang matang, pengendalian proses yang ketat, serta evaluasi kinerja yang berkelanjutan menjadi tiga pilar utama yang menentukan keberhasilan pengelolaan operasional sebuah perusahaan transportasi dalam jangka panjang (Al-duais et al., 2022).

2.1.1.3 Tujuan Manajemen Transportasi

Tujuan utama manajemen transportasi adalah memastikan pergerakan barang atau orang dapat berlangsung secara aman, tepat waktu, efisien, dan dengan biaya yang terukur serta terkendali. Transportasi jalan diselenggarakan dengan tujuan mewujudkan lalu lintas dan angkutan jalan yang selamat, aman, cepat, lancar, tertib, teratur, nyaman, dan efisien, serta mampu memadukan moda transportasi lainnya sehingga transportasi dapat menjangkau seluruh pelosok wilayah dengan biaya yang terjangkau oleh daya beli masyarakat (Tazkia Mutiara Dewanti et al., 2023). Transportasi multimoda dan manajemen transportasi yang terintegrasi bertujuan

untuk mengatasi tantangan logistik yang kompleks, di mana hanya dengan pengelolaan yang terpadu dan terencana dengan baik sebuah sistem transportasi dapat memberikan layanan yang efektif dan efisien. Integrasi transportasi multimoda diharapkan meningkatkan konektivitas dan efisiensi perjalanan, sementara data yang akurat dan edukasi pemangku kepentingan menjadi elemen inti dalam perencanaan berbasis data untuk infrastruktur transportasi yang berkelanjutan (Syaputra, 2024). Dalam konteks ini, integrasi transportasi multimoda yang didukung teknologi mampu meningkatkan kenyamanan pengguna, mengurangi waktu perjalanan, serta menurunkan emisi gas rumah kaca (Ardiansyah & Tohir, 2025). Tujuan ini bersifat multidimensional karena menyentuh aspek teknis, finansial, dan kualitas layanan secara bersamaan. Dari dimensi finansial, manajemen transportasi bertujuan menekan total biaya operasional melalui efisiensi pengelolaan armada dan optimalisasi rute pengiriman. Integrasi sistem transportasi dan pengelolaan yang terencana dengan baik berkontribusi nyata terhadap penurunan biaya logistik nasional, yang berdampak langsung pada daya saing industri dan kemampuan pelaku usaha dalam memenuhi kebutuhan pelanggan dengan harga yang lebih kompetitif, menjadikan manajemen transportasi yang efektif sebagai investasi strategis bagi keberlangsungan bisnis jangka panjang. Penghematan biaya yang diperoleh melalui manajemen transportasi yang baik pada akhirnya memberikan keunggulan kompetitif yang berkelanjutan bagi perusahaan di tengah persaingan industri yang semakin ketat.

Salah satu tujuan manajemen transportasi yang paling kritis adalah menjamin keandalan armada agar seluruh jadwal pengiriman dapat dipenuhi secara konsisten.

Angkutan barang merupakan denyut nadi perpindahan barang dengan moda angkutan kendaraan bermotor ke daerah tujuan pengiriman secara aman dan lancar dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, sehingga pengelolaan keselamatan dan keandalan armada angkutan barang perlu mendapat perhatian khusus demi terciptanya sistem transportasi yang aman, nyaman, dan andal yang mampu memenuhi ekspektasi seluruh pemangku kepentingan secara konsisten (Ayunia et al., 2020). Tujuan keandalan ini secara langsung menghubungkan manajemen transportasi dengan manajemen perawatan armada, menegaskan bahwa kedua fungsi tersebut tidak dapat dipisahkan dalam pengelolaan perusahaan transportasi yang profesional.

2.1.2 Transportasi Darat

2.1.2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Transportasi Darat

Transportasi darat merupakan subsistem transportasi yang paling dominan dan strategis dalam sistem distribusi barang di Indonesia. Transportasi darat adalah moda transportasi yang beroperasi di atas permukaan tanah menggunakan infrastruktur jalan dan rel, yang memainkan peran krusial dalam menghubungkan berbagai wilayah dan mendukung kelancaran distribusi logistik, di mana sebagai negara kepulauan terbesar di dunia Indonesia menghadapi tantangan unik dalam aktivitas distribusi logistiknya, dan transportasi darat menjadi penghubung vital antara berbagai simpul distribusi dari produsen hingga konsumen akhir (Khansa Nabilah Safira, 2025). Karakteristik ini menjadikan transportasi darat sebagai moda yang tidak tergantikan dalam memastikan kelancaran rantai distribusi nasional yang menjangkau seluruh pelosok wilayah Indonesia.

Secara regulasi, transportasi darat di Indonesia memiliki landasan hukum yang komprehensif. Dalam Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Pasal 5 disebutkan bahwa jalan sebagai infrastruktur transportasi darat memiliki tiga fungsi utama: pertama sebagai bagian dari prasarana transportasi yang mempunyai peran penting dalam ekonomi, sosial budaya, politik, pertahanan dan keamanan; kedua sebagai prasarana distribusi barang dan jasa yang merupakan urat nadi kehidupan masyarakat, bangsa dan negara; dan ketiga sebagai satu kesatuan sistem jaringan jalan yang mengikat seluruh wilayah Republik Indonesia. [Journalcenter](#) Ketiga fungsi strategis ini menegaskan bahwa transportasi darat bukan sekadar sarana fisik, melainkan merupakan infrastruktur vital yang menopang integrasi ekonomi dan sosial seluruh wilayah nasional.

2.1.2.2 Peran Transportasi Darat dalam Distribusi Logistik

Transportasi darat memiliki peran yang sangat strategis dalam mendukung kelancaran distribusi logistik nasional, terutama dalam menghubungkan berbagai simpul produksi, gudang, dan titik konsumsi. Distribusi logistik mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian aliran barang, jasa, dan informasi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, dan logistik adalah bagian vital dalam mengoptimalkan distribusi barang dan jasa, di mana transportasi darat berperan sebagai tulang punggung yang menghubungkan seluruh komponen rantai distribusi dari produsen hingga konsumen akhir secara langsung dan efisien. (Akbar et al., 2024) Tanpa dukungan transportasi darat yang andal, seluruh sistem distribusi logistik akan mengalami hambatan yang berdampak langsung pada pemenuhan kebutuhan masyarakat dan industri secara menyeluruh.

Penelitian empiris telah membuktikan keterkaitan erat antara keandalan transportasi darat dan efisiensi sistem distribusi logistik secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa investasi dalam infrastruktur transportasi darat memiliki dampak positif pada pertumbuhan ekonomi dan efisiensi sistem distribusi logistik, sehingga perbaikan infrastruktur transportasi darat dan manajemen logistik yang lebih baik menjadi kunci dalam mewujudkan sistem distribusi logistik yang efisien dan berkelanjutan, serta bahwa peran penting sektor transportasi darat dalam mendukung pertumbuhan ekonomi Indonesia secara keseluruhan tidak dapat diremehkan (Khansa Nabilah Safira, 2025). Temuan ini menegaskan bahwa pengelolaan transportasi darat yang baik merupakan prasyarat fundamental bagi terwujudnya sistem logistik nasional yang kompetitif dan efisien.

2.1.3 Manajemen Armada

2.1.3.1 Definisi Manajemen Armada (*Fleet Management*)

Manajemen armada atau fleet management adalah disiplin ilmu yang berfokus pada pengelolaan kendaraan dan aset lain yang dimiliki oleh suatu entitas. manajemen transportasi adalah proses pengelolaan kendaraan dan aset transportasi yang mencakup seluruh siklus hidup aset, mulai dari pengadaan, pendanaan, sampai dengan operasi, pemeliharaan, dan akhirnya pembuangan atau penarikan aset. Tujuan utamanya adalah menekan biaya operasional, meningkatkan efisiensi dan produktivitas, memperkuat keselamatan, serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi pemerintah yang berlaku.

Kusumawati et al. (2024) dalam penelitiannya tentang Fleet Management System (FMS) menyatakan bahwa masih banyak perusahaan yang belum

menerapkan fleet management dalam mengelola armadanya, menyebabkan kendala operasional, pembengkakan biaya perawatan armada, dan kerugian akibat pengelolaan armada yang tidak tepat. Sistem pengelolaan dan monitoring pada fleet management dianggap sebagai solusi untuk mengendalikan produktivitas armada dan biaya perawatan armada secara efektif. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya implementasi sistem manajemen armada yang terstruktur dalam menjaga kinerja operasional secara berkelanjutan.

Dalam konteks yang lebih operasional, manajemen armada truk mencakup pemantauan lokasi, penjadwalan pemeliharaan, pengelolaan konsumsi bahan bakar, hingga kinerja pengemudi. Putri & Martini (2022) dalam penelitiannya tentang pengaruh sistem manajemen armada terhadap efisiensi aktivitas truk pengangkut menunjukkan bahwa penerapan Smart GPS Tracker sebagai bagian dari sistem manajemen armada mampu mempersingkat total durasi satu siklus perjalanan hingga 35%, yang berarti produktivitas pengangkutan dapat ditingkatkan secara signifikan melalui pengelolaan armada yang berbasis data dan teknologi.

2.1.3.2 Standar Perawatan Kendaraan Berat (Truk)

Standar perawatan kendaraan berat, khususnya truk angkutan barang, telah diatur melalui berbagai regulasi nasional yang wajib dipatuhi oleh seluruh perusahaan transportasi yang beroperasi di Indonesia. Menurut McEasy (2023), keamanan armada menjadi aspek krusial yang diperhatikan oleh pemerintah Indonesia, sebagaimana tertuang dalam Peraturan Menteri Perhubungan yang memuat persyaratan khusus untuk armada angkutan barang. Salah satu ketentuan

wajib adalah uji KIR yang harus dilakukan setiap 6 bulan sekali untuk memastikan kelayakan teknis kendaraan beroperasi di jalan umum.

Dari aspek teknis operasional, standar perawatan kendaraan berat meliputi pemeriksaan dan penggantian komponen-komponen kritikal secara berkala. Menurut McEasy (2023), metrik yang harus diukur dan dicatat secara berkala dalam manajemen armada truk meliputi pembacaan odometer, konsumsi bahan bakar, hingga biaya-biaya seperti ongkos per kilometer, ringkasan biaya operasional, serta biaya total pemakaian kendaraan. Pencatatan perkembangan kendaraan secara berkala, termasuk pengukuran metrik kendaraan, merupakan dasar dari sistem perawatan berbasis data yang efektif. Pemantauan berkelanjutan terhadap metrik-metrik ini memungkinkan manajer armada untuk mendeteksi pola degradasi komponen lebih awal dan mengambil tindakan perawatan yang tepat waktu.

2.1.4 Konsep Dasar Perawatan (*Maintenance*)

2.1.4.1 Definisi Maintenance

Maintenance atau perawatan merupakan salah satu fungsi paling mendasar dan krusial dalam manajemen operasional sebuah organisasi. Maintenance adalah semua kegiatan yang berhubungan untuk mempertahankan suatu mesin atau peralatan agar tetap dalam kondisi siap untuk beroperasi, dan jika terjadi kerusakan maka diusahakan agar mesin atau peralatan tersebut dapat dikembalikan pada kondisi yang baik (Permana & Arvianto, 2018). Definisi ini menegaskan bahwa perawatan bukan sekadar tindakan memperbaiki kerusakan yang sudah terjadi, melainkan juga mencakup seluruh upaya sistematis untuk menjaga fungsi dan performa aset operasional agar senantiasa berada pada kondisi prima.

Dalam perspektif yang lebih luas, maintenance dipahami sebagai suatu sistem yang terintegrasi antara perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian seluruh kegiatan perawatan aset. Prasetyo et al. (2025) dalam kajian literatur komprehensifnya mengidentifikasi bahwa terdapat empat jenis utama maintenance yang diterapkan dalam dunia industri, yaitu preventive, corrective, predictive, dan redesign, di mana masing-masing jenis perawatan memainkan peran penting dalam meningkatkan performa mesin, mengurangi downtime, dan memperpanjang usia pakai peralatan. Pemahaman yang komprehensif terhadap keempat jenis perawatan ini menjadi fondasi bagi organisasi dalam memilih strategi yang paling sesuai dengan karakteristik operasional dan kebutuhan bisnisnya.

Dalam konteks armada kendaraan berat, makna maintenance memiliki dimensi yang lebih luas. Menurut penelitian Chabibi et al. (2025), perawatan pada kendaraan perlu dilakukan secara rutin untuk menjaga keandalan (reliability) mesin agar selalu bekerja sesuai dengan fungsinya, karena dalam penggunaannya mesin kendaraan akan terus mengalami perubahan kondisi seiring bertambahnya jam operasional dan intensitas penggunaan di lapangan. Oleh karena itu, perawatan armada bukan sekadar kegiatan teknis sesaat, melainkan sebuah proses dinamis dan berkelanjutan yang harus disesuaikan secara berkala dengan kondisi aktual setiap unit kendaraan.

Lebih jauh, Silvia et al. (2024) menegaskan bahwa maintenance yang terencana memiliki peranan penting karena dapat menekan biaya produksi, meningkatkan produktivitas, dan efisiensi mesin atau peralatan, sehingga kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan mesin dapat dihindarkan. Dengan demikian,

investasi dalam sistem perawatan yang terstruktur sesungguhnya merupakan investasi strategis yang berdampak langsung pada profitabilitas dan daya saing suatu entitas dalam jangka panjang.

2.1.4.2 Tujuan Maintenance

Maintenance tidak dilaksanakan semata-mata sebagai respons atas kejadian kerusakan, melainkan dilandasi oleh serangkaian tujuan yang telah dirumuskan secara sistematis. Menurut Permana & Arvianto (2018), tujuan utama pemeliharaan yang dapat didefinisikan dengan jelas antara lain: memperpanjang umur penggunaan aset, menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi sehingga dapat diperoleh laba yang maksimum, menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, serta menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana dan peralatan tersebut. Keempat tujuan utama tersebut bersifat saling melengkapi dan membentuk satu kesatuan sistem pemeliharaan yang komprehensif.

Tujuan kedua dari maintenance adalah meminimalkan terjadinya downtime atau waktu henti peralatan yang tidak terencana. Silviana (2024) menyatakan bahwa downtime yang disebabkan oleh berbagai jenis kerusakan dan gangguan pada komponen-komponen peralatan dapat menjadi penghambat jalannya proses yang berdampak pada penurunan kualitas hasil dan berkurangnya kapasitas yang dapat dihasilkan. Dalam literatur manajemen operasi, downtime dibedakan menjadi *planned downtime* yang merupakan waktu henti terencana untuk keperluan perawatan, dan *unplanned downtime* yang merupakan waktu henti

tidak terduga akibat kegagalan mendadak. Tujuan maintenance dalam hal ini adalah meminimalkan unplanned downtime melalui jadwal perawatan yang terstruktur.

Tujuan ketiga berkaitan dengan pengendalian dan efisiensi biaya perawatan secara menyeluruh dalam jangka panjang. Sodikin et al. (2024) menyatakan bahwa preventive maintenance bertujuan untuk menentukan jadwal perbaikan yang baik dan mengurangi biaya perawatan yang berlebihan, karena dengan adanya jadwal perawatan yang terencana biaya pemeliharaan dapat ditekan hingga nilai yang paling optimal. Secara teoritis, terdapat titik optimal di mana total biaya perawatan dapat diminimalkan melalui pemilihan periode perawatan yang tepat berdasarkan perhitungan perbandingan antara biaya preventive maintenance dan biaya repair maintenance.

Tujuan keempat adalah menjamin keselamatan (safety) seluruh pihak yang berinteraksi dengan peralatan dalam lingkungan operasional. Prasetyo et al. (2025) menegaskan bahwa praktik perawatan yang efektif memberikan keunggulan nyata bagi suatu entitas, meliputi peningkatan performa operasional, pengurangan biaya perbaikan, dan peningkatan keselamatan kerja di lingkungan industri. Dalam perspektif manajemen risiko, kegagalan peralatan akibat perawatan yang tidak memadai dikategorikan sebagai risiko operasional yang sepenuhnya dapat dicegah (preventable risk), sehingga pengelolaan maintenance yang baik merupakan bentuk nyata dari komitmen terhadap budaya keselamatan kerja yang bertanggung jawab.

Secara keseluruhan, seluruh tujuan maintenance bermuara pada satu tujuan strategis yang lebih besar, yaitu memastikan keberlangsungan dan daya saing melalui pengelolaan aset operasional yang optimal dan berkelanjutan. Silvia et al.

(2024) membuktikan bahwa preventive maintenance yang diterapkan secara konsisten dan berbasis data dapat menekan biaya produksi, meningkatkan produktivitas, dan efisiensi mesin atau peralatan sehingga kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan mesin dapat dihindarkan.

2.1.4.3 Jenis-Jenis *Maintenance*

Dalam praktiknya, terdapat beberapa pendekatan jenis perawatan utama yang masing-masing memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasannya tersendiri. Prasetyo et al. (2025) dalam kajian literturnya mengidentifikasi bahwa setiap jenis maintenance memainkan peran yang krusial dalam meningkatkan performa mesin, mengurangi downtime, dan memperpanjang usia pakai peralatan, sehingga pemilihan jenis perawatan yang tepat harus disesuaikan dengan karakteristik aset, skala operasional, dan kemampuan finansial. Tabel 2.1 berikut menyajikan ringkasan jenis-jenis maintenance beserta penjelasannya.

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Maintenance

No	Jenis Maintenance	Penjelasan
1	<i>Corrective Maintenance</i>	Perbaikan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan (bersifat reaktif)
2	<i>Preventive Maintenance</i>	Perawatan terjadwal yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan untuk mencegah kegagalan fungsi
3	<i>Predictive Maintenance</i>	Perawatan berdasarkan pemantauan kondisi aktual komponen secara real-time menggunakan data sensor

Sumber: Diolah dari berbagai referensi, 2025

Corrective maintenance merupakan pendekatan perawatan yang paling mendasar. Menurut Permana & Arvianto (2018), *corrective maintenance* adalah kebijakan perawatan yang dilakukan ketika mesin atau peralatan mengalami suatu

kerusakan, sehingga sifatnya reaktif dan tidak terencana. Pendekatan ini juga disebut sebagai breakdown maintenance atau run-to-failure maintenance. Sodikin et al. (2024) mengemukakan bahwa corrective maintenance memiliki kelemahan mendasar karena tidak dapat memprediksi waktu terjadinya kegagalan, sehingga tidak ada kendali atas kapan dan seberapa besar biaya perbaikan yang harus dikeluarkan, yang pada akhirnya mengganggu kesinambungan operasional.

Preventive maintenance merupakan pendekatan perawatan proaktif yang paling banyak diadopsi dalam industri. Silvia et al. (2024) menjelaskan bahwa preventive maintenance merupakan bagian dari *Planned Maintenance Pillar* dalam Total Productive Maintenance (TPM) yang memiliki peranan penting dalam menekan biaya produksi, meningkatkan produktivitas, dan efisiensi mesin atau peralatan. Kegiatan yang tercakup dalam preventive maintenance meliputi inspeksi berkala, pelumasan, pembersihan, penyetelan, serta penggantian komponen sesuai jadwal yang telah ditetapkan berdasarkan rekomendasi pabrikan maupun analisis data historis kerusakan.

Predictive maintenance merupakan evolusi tertinggi dari pendekatan perawatan modern yang memanfaatkan teknologi pemantauan kondisi dan analisis data secara real-time. Hafidhoh et al. (2024) menyatakan bahwa dalam menghadapi Revolusi Industri 4.0, teknologi seperti Internet of Things (IoT), Big Data, dan kecerdasan buatan menjadi kunci modernisasi industri, termasuk dalam pengembangan sistem predictive maintenance berbasis machine learning yang mampu memantau kondisi mesin dan memprediksi kegagalan dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, yakni mencapai 96,87% dalam penelitiannya. Meskipun

menawarkan potensi efisiensi yang besar, predictive maintenance membutuhkan investasi infrastruktur teknologi dan kompetensi sumber daya manusia yang lebih tinggi dibandingkan dua jenis maintenance sebelumnya.

2.1.5 Preventive Maintenance (PM)

2.1.5.1 Definisi Preventive Maintenance

Preventive maintenance (PM) adalah pendekatan perawatan terencana yang bertujuan mencegah terjadinya kegagalan fungsi sebelum kerusakan benar-benar terjadi. Alfionita & Alifin (2023) mendefinisikan preventive maintenance sebagai serangkaian kegiatan perawatan terjadwal yang dilakukan secara berkala berdasarkan interval waktu, jarak tempuh, atau jam operasional yang telah ditetapkan, dengan tujuan utama menjaga keandalan dan ketersediaan peralatan pada tingkat optimal. Definisi ini menegaskan bahwa PM bukan sekadar kegiatan teknis, melainkan sebuah sistem manajemen yang terencana, terstruktur, dan berbasis data.

Menurut Silvia et al. (2024), preventive maintenance merupakan bagian dari Planned Maintenance Pillar yang merupakan salah satu pilar dalam Total Productive Maintenance (TPM). Metode ini merupakan bagian utama dari sistem pemeliharaan yang banyak diterapkan oleh perusahaan-perusahaan Jepang dan memiliki peranan penting, karena dapat menekan biaya produksi, meningkatkan produktivitas, dan efisiensi mesin atau peralatan sehingga kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan mesin dapat dihindarkan. Filosofi dasar PM adalah bahwa tindakan pencegahan yang terencana jauh lebih efisien dan ekonomis dibandingkan perbaikan darurat yang bersifat reaktif.

Chabibi et al. (2025) dalam penelitiannya tentang armada truk menjelaskan bahwa preventive maintenance bertujuan merancang usulan penjadwalan perawatan untuk meningkatkan keandalan dan ketersediaan armada. Metode yang digunakan meliputi pendekatan Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR) yang memungkinkan penentuan interval perawatan optimal untuk setiap unit kendaraan berdasarkan data historis kerusakan yang terukur dan terdokumentasi dengan baik.

2.1.5.2 Tujuan dan Manfaat Preventive Maintenance

Tujuan utama dari *preventive maintenance* adalah mencegah downtime yang tidak direncanakan melalui inspeksi berkala terjadwal dan penggantian komponen tepat waktu. Sodikin et al. (2024) menyatakan bahwa preventive maintenance bertujuan untuk menentukan jadwal perbaikan mesin yang baik dan mengurangi biaya perawatan yang berlebihan, sehingga ketersediaan dan keandalan peralatan dapat dijaga pada tingkat optimal sesuai kebutuhan operasional. Berbeda dengan pendekatan reaktif yang menunggu kerusakan terjadi, PM memungkinkan identifikasi dan penanganan masalah kecil sebelum berkembang menjadi kegagalan yang lebih besar dan mahal.

Manfaat finansial dari penerapan preventive maintenance telah banyak dibuktikan secara empiris. Fahri (2025) dalam penelitiannya menyatakan bahwa angka Physical Availability (PA) yang tinggi dan MTBF yang lebih baik, serta MTTR yang tetap rendah, merupakan indikator positif dari manajemen pemeliharaan yang baik. Hal ini membantu memastikan bahwa alat tetap dalam kondisi optimal, meningkatkan efisiensi operasional, dan meminimalkan risiko

downtime yang tidak terencana. Chabibi et al. (2025) membuktikan bahwa penerapan preventive maintenance pada armada truk menghasilkan rekomendasi jadwal perawatan yang spesifik per unit, dengan tujuan meminimalkan downtime serta meningkatkan efisiensi distribusi secara berkelanjutan.

Dari perspektif manajemen risiko, manfaat preventive maintenance melampaui dimensi finansial. Prasetyo et al. (2025) menegaskan bahwa praktik perawatan yang efektif memberikan keunggulan nyata, meliputi peningkatan performa operasional, pengurangan biaya perbaikan, dan peningkatan keselamatan kerja. Dengan mendeteksi potensi kegagalan sejak dini, PM secara signifikan mengurangi risiko terjadinya kecelakaan kerja akibat kegagalan peralatan yang tiba-tiba, yang pada akhirnya melindungi keselamatan operator dan meningkatkan citra profesionalisme suatu entitas.

2.1.5.3 Komponen-Komponen Preventive Maintenance

Preventive maintenance mencakup serangkaian kegiatan terstruktur yang dilaksanakan secara berkala. Berdasarkan berbagai kajian literatur, komponen utama dari preventive maintenance meliputi: (1) inspeksi rutin, yaitu pemeriksaan berkala terhadap seluruh komponen untuk mendeteksi tanda-tanda awal keausan atau potensi kegagalan; (2) pelumasan, yaitu pemberian pelumas pada komponen-komponen yang bergerak untuk mengurangi gesekan dan keausan; (3) penggantian berkala, yaitu penggantian komponen yang telah mencapai batas usia pakainya sebelum mengalami kegagalan; serta (4) kalibrasi dan penyetelan, yaitu penyesuaian parameter operasional agar peralatan berfungsi sesuai spesifikasi teknis yang ditetapkan (Alfionita & Alifin, 2023).

Dalam konteks perawatan kendaraan berat, Abdulsomad et al. (2025) menjelaskan bahwa preventive maintenance pada forklift dan reach truck mencakup pemeriksaan hydraulic pump, battery, dan komponen-komponen kritis lainnya berdasarkan pendekatan MTBF-MTTR, dengan interval perawatan optimal berada pada rentang 15-21 hari atau 40-70% dari nilai MTBF, sehingga perawatan dapat dilakukan sebelum terjadinya kegagalan komponen. Penentuan interval perawatan yang tepat merupakan inti dari efektivitas program preventive maintenance, karena interval yang terlalu pendek akan meningkatkan biaya perawatan secara tidak perlu, sementara interval yang terlalu panjang akan meningkatkan risiko kegagalan.

2.1.5.4 Indikator Keberhasilan *Preventive Maintenance*

Keberhasilan program preventive maintenance dapat diukur secara kuantitatif menggunakan beberapa indikator teknis yang telah diakui dalam literatur manajemen perawatan. *Mean Time Between Failure* (MTBF) merupakan indikator utama yang menunjukkan rata-rata waktu antar kegagalan suatu peralatan. Alfionita & Alifin (2023) mendefinisikan MTBF sebagai angka yang menunjukkan tingkat kepercayaan terhadap alat dalam memenuhi tujuan yang diharapkan, yang dihitung dari berapa jam rata-rata alat tidak terjadi kerusakan tidak terjadwal. Semakin tinggi nilai MTBF, semakin andal suatu peralatan dan semakin efektif program preventive maintenance yang diterapkan.

Mean Time To Repair (MTTR) merupakan indikator kedua yang mengukur rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan perbaikan setelah terjadi kegagalan. Fahri (2025) menjelaskan bahwa MTTR merupakan rata-rata interval waktu kerusakan yang terjadi saat mesin atau komponen selesai diperbaiki

hingga mesin atau komponen tersebut dapat kembali beroperasi normal. Semakin rendah nilai MTTR, semakin efisien proses perbaikan yang dilakukan. Kombinasi antara nilai MTBF yang tinggi dan MTTR yang rendah mencerminkan sistem perawatan yang efektif secara menyeluruh.

Availability atau ketersediaan merupakan indikator ketiga yang menggabungkan MTBF dan MTTR menjadi satu ukuran komprehensif tentang tingkat ketersediaan peralatan untuk beroperasi. Chabibi et al. (2025) membuktikan bahwa penerapan jadwal preventive maintenance yang dirancang berdasarkan MTBF dan MTTR berhasil meningkatkan nilai availability armada truk secara signifikan. Adapun rumus perhitungan ketiga indikator tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{MTBF} = \text{Total Waktu Operasi} \div \text{Jumlah Kerusakan}$$

$$\text{MTTR} = \text{Total Waktu Perbaikan} \div \text{Jumlah Kerusakan}$$

$$\text{Availability (\%)} = \text{MTBF} \div (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100\%$$

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan indikator keempat yang mengukur efektivitas peralatan secara menyeluruh dengan mempertimbangkan tiga dimensi sekaligus, yaitu availability, performance, dan quality. Dalam penelitian Fahri (2025), PI Achievement dan PI Accuration yang mencapai 100% menunjukkan bahwa tim pemeliharaan sangat disiplin dan teliti dalam melakukan inspeksi, yang berkontribusi pada angka Physical Availability yang tinggi dan MTBF yang lebih baik. Ketiga atau keempat indikator ini sebaiknya digunakan secara bersamaan untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang efektivitas program preventive maintenance yang diterapkan.

2.1.6 Metode Analisis Kerusakan

2.1.6.1 Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean Time Between Failure (MTBF) adalah metode yang digunakan untuk mengukur keandalan suatu peralatan berdasarkan data historis kerusakan. Alfionita & Alifin (2023) mendefinisikan MTBF sebagai angka yang menunjukkan tingkat kepercayaan terhadap alat dalam memenuhi tujuan yang diharapkan, yang dihitung dari berapa jam rata-rata alat tidak terjadi kerusakan tidak terjadwal dengan mengacu pada kerusakan yang terjadi dalam periode tertentu. MTBF dihitung menggunakan rumus: $MTBF = \text{Total Waktu Operasi} \div \text{Jumlah Kerusakan}$, di mana hasil perhitungan ini kemudian digunakan sebagai acuan dalam menentukan interval perawatan yang optimal.

Nilai MTBF yang tinggi mengindikasikan bahwa suatu peralatan memiliki tingkat keandalan yang baik dan jarang mengalami kegagalan. Abdulsomad et al. (2025) dalam penelitiannya membuktikan bahwa interval preventive maintenance yang optimal berada pada rentang 40-70% dari nilai MTBF, sehingga perawatan dapat dilakukan sebelum terjadinya kegagalan. Dalam penerapannya, MTBF tidak hanya digunakan sebagai ukuran keandalan, tetapi juga sebagai dasar perancangan jadwal preventive maintenance yang terstruktur dan terukur secara ilmiah berdasarkan kondisi nyata peralatan yang bersangkutan.

2.1.6.2 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair (MTTR) adalah indikator yang mengukur rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses perbaikan dari saat kerusakan terdeteksi hingga peralatan kembali beroperasi normal. Fahri (2025) menjelaskan

bahwa MTTR merupakan rata-rata interval waktu kerusakan yang terjadi saat mesin atau komponen selesai diperbaiki hingga mesin atau komponen tersebut mengalami kerusakan kembali. MTTR dihitung menggunakan rumus: $MTTR = \text{Total Waktu Perbaikan} \div \text{Jumlah Kerusakan}$, dan nilainya mencerminkan efisiensi proses perbaikan serta kemampuan teknis tim perawatan.

Nilai MTTR yang rendah mengindikasikan bahwa proses perbaikan dapat diselesaikan dengan cepat, yang berarti dampak downtime terhadap operasional dapat diminimalkan. Alfionita & Alifin (2023) dalam penelitiannya menyatakan bahwa MTBF dan MTTR adalah salah satu metode sebagai acuan untuk menetapkan jadwal perawatan yang efektif. Penggunaan MTTR secara bersamaan dengan MTBF memberikan gambaran yang komprehensif tentang profil keandalan suatu peralatan: MTBF mengukur seberapa sering kegagalan terjadi, sedangkan MTTR mengukur seberapa cepat kegagalan tersebut dapat ditangani, dan keduanya bersama-sama menentukan nilai availability peralatan.

2.1.6.3 Nilai Availability (Ketersediaan)

Availability atau ketersediaan merupakan indikator komprehensif yang menggabungkan MTBF dan MTTR untuk mengukur proporsi waktu di mana suatu peralatan benar-benar tersedia dan siap untuk beroperasi. Fahri (2025) menyatakan bahwa availability yang tinggi dan MTBF yang lebih baik, serta MTTR yang tetap rendah, merupakan indikator positif dari manajemen pemeliharaan yang baik, dan nilai ini membantu dalam memastikan bahwa alat tetap dalam kondisi optimal serta meminimalkan risiko downtime yang tidak terencana. Availability dihitung menggunakan rumus: $\text{Availability (\%)} = \text{MTBF} \div (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100\%$.

Dalam industri transportasi dan logistik, standar availability minimum yang dijadikan acuan umumnya adalah 80%. Chabibi et al. (2025) dalam penelitiannya menemukan bahwa beberapa unit truk tercatat memiliki nilai availability di bawah standar optimal 80%, yang mengindikasikan perlunya perancangan jadwal preventive maintenance yang lebih terstruktur. Penerapan jadwal PM yang optimal berdasarkan nilai MTBF terbukti mampu meningkatkan nilai availability armada secara signifikan, yang berarti lebih banyak unit yang tersedia untuk beroperasi setiap harinya dan kapasitas pengiriman yang lebih optimal dapat dicapai.

2.2 Kajian Penelitian Terdahulu

2.2.1 “Chabibi, N., Handoko, F., & Myrtanti, R. D. (2025). Usulan Perancangan Penjadwalan dengan Preventive Maintenance pada Armada Truk UD. Berkah Kurniawan.

Penelitian Usulan Perancangan Penjadwalan dengan Preventive Maintenance pada Armada Truk UD. Berkah Kurniawan tahun 2025 mengidentifikasi permasalahan berupa tingginya frekuensi kerusakan armada truk yang dipicu oleh praktik muatan berlebih (over tonase) serta ketiadaan sistem penjadwalan perawatan yang terorganisir pada perusahaan pengangkutan material pabrik kertas. Kondisi ini menyebabkan nilai availability beberapa unit truk berada di bawah standar optimal 80%, yang berdampak langsung pada terganggunya kelancaran distribusi dan meningkatnya downtime operasional.

Sebagai solusi, penelitian tersebut menyusun jadwal preventive maintenance spesifik untuk tiap unit armada berdasarkan pendekatan MTBF (Mean Time Between Failure) dan MTTR (Mean Time to Repair), dengan nilai MTBF tiap armada berkisar antara 859 hingga 6.207 jam. Dengan penjadwalan yang lebih terstruktur dan berbasis data historis, penelitian ini merekomendasikan strategi perawatan yang mampu meminimalkan downtime serta meningkatkan efisiensi distribusi secara berkelanjutan.

2.2.2 “Preventive Maintenance Analysis Based on Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR)”

Penelitian Preventive Maintenance Analysis Based on Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR) tahun 2023 mengidentifikasi bahwa ketiadaan analisis keandalan yang sistematis pada peralatan industri menyebabkan interval perawatan yang diterapkan tidak sesuai dengan pola kegagalan aktual komponen. Penelitian ini menemukan bahwa tanpa perhitungan MTBF dan MTTR yang tepat, jadwal PM yang digunakan perusahaan cenderung terlalu jarang atau terlalu sering, sehingga tidak efisien baik dari sisi biaya maupun waktu operasional.

Sebagai solusi, penelitian tersebut menekankan pentingnya perhitungan MTBF dan MTTR berbasis data historis kerusakan sebagai fondasi perancangan jadwal preventive maintenance yang optimal. Dengan menerapkan interval perawatan yang disesuaikan dengan keandalan aktual komponen, perusahaan dapat meningkatkan availability mesin sekaligus menekan biaya perawatan yang tidak perlu.

2.2.3 *“Analisis Preventive Maintenance pada Forklift dan Reach Truck dengan Metode MTBF dan MTTR di PT Medan Distribusindo Raya. Journal of Industrial and Manufacture Engineering”*

Penelitian Analisis Preventive Maintenance pada Forklift dan Reach Truck dengan Metode MTBF dan MTTR di PT Medan Distribusindo Raya tahun 2025 mengidentifikasi bahwa komponen dengan kontribusi kerusakan terbesar pada kendaraan operasional meliputi hydraulic pump, battery, dan silinder hidrolis, yang ditemukan melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN). Penelitian ini menemukan bahwa interval preventive maintenance yang optimal berada pada rentang 15 hingga 21 hari atau setara 40 hingga 70 persen dari nilai MTBF, sehingga perawatan dapat dilakukan sebelum terjadinya kegagalan yang tidak terjadwal.

Sebagai solusi, penelitian tersebut merekomendasikan penetapan jadwal PM berbasis integrasi antara nilai MTBF, MTTR, dan RPN untuk menentukan prioritas komponen yang paling kritis. Dengan pendekatan berbasis data ini, perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya perawatan secara lebih efisien dan mengurangi frekuensi kerusakan mendadak yang mengganggu operasional.

2.2.4 *“Analisis Preventive Maintenance dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR) (Studi Kasus PT. Gajah Tunggal Tbk).”*

Penelitian Analisis Preventive Maintenance dengan Metode MTBF dan MTTR pada PT. Gajah Tunggal Tbk tahun 2022 mengidentifikasi bahwa

jadwal preventive maintenance yang diterapkan pada mesin motor blower dan AC panel tidak sesuai dengan pola kerusakan aktual, karena interval perawatan yang digunakan sebelumnya tidak didasarkan pada analisis keandalan yang terukur. Kondisi ini mengakibatkan kerusakan yang berulang dan mengurangi availability mesin hingga di bawah standar operasional yang diharapkan.

Sebagai solusi, penelitian tersebut berhasil menetapkan ulang jadwal preventive maintenance menjadi setiap dua minggu sekali berdasarkan hasil perhitungan MTBF dan MTTR, yang menghasilkan availability mesin sebesar 98 persen. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan jadwal PM yang didasarkan pada data historis kerusakan mampu secara signifikan mengurangi downtime dan meningkatkan efisiensi operasional mesin secara berkelanjutan.

2.2.5 “Analisis Efektivitas Preventive Maintenance dengan Metode Periodic Inspection untuk Meningkatkan Kinerja pada Unit WA800-3.”

Penelitian Analisis Efektivitas Preventive Maintenance dengan Metode Periodic Inspection untuk Meningkatkan Kinerja pada Unit WA800-3 tahun 2025 mengidentifikasi bahwa keberhasilan pelaksanaan preventive maintenance tidak hanya ditentukan oleh ketepatan jadwal, tetapi juga oleh tingkat kedisiplinan tim pemeliharaan dalam mengeksekusi inspeksi berkala sesuai rencana. Penelitian ini menemukan bahwa Periodic Inspection Achievement sebesar 100 persen dan PI Accuration sebesar 100 persen

menjadi indikator positif bahwa manajemen pemeliharaan yang terstruktur mampu mencegah kerusakan tak terduga secara efektif.

Sebagai solusi, penelitian tersebut menekankan bahwa inspeksi periodik yang dilakukan setiap tiga hari sekali pada alat berat terbukti mampu mempertahankan nilai MTTR di bawah enam jam, yang merupakan standar efisiensi perbaikan pada peralatan berat operasional. Dengan kepatuhan penuh terhadap jadwal inspeksi, perusahaan dapat memastikan alat selalu dalam kondisi optimal dan meminimalkan risiko downtime yang tidak terencana dalam jangka panjang.

2.2.6 “A Systematic Literature Review of the Predictive Maintenance from Transportation Systems Aspect. Sustainability”

Penelitian A Systematic Literature Review of the Predictive Maintenance from Transportation Systems Aspect tahun 2022 mengidentifikasi bahwa dalam rentang lima tahun terakhir, strategi perawatan di sektor transportasi masih didominasi oleh pendekatan reaktif dan preventif konvensional yang belum memanfaatkan data operasional secara optimal. Penelitian ini mengkaji 52 studi dan menemukan bahwa salah satu tantangan terbesar dalam implementasi sistem perawatan modern adalah kesenjangan antara ketersediaan data sensor kendaraan dan kemampuan organisasi untuk menginterpretasikan serta bertindak berdasarkan data tersebut.

Sebagai solusi, penelitian tersebut mendorong pengembangan sistem perawatan berbasis data yang mengintegrasikan pendekatan statistik, stokastik, dan kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi prediksi

kegagalan komponen kendaraan. Dengan memanfaatkan data operasional secara lebih sistematis, perusahaan transportasi dapat bertransisi dari

2.2.7 ***“Predictive Maintenance in Industry 4.0: A Systematic Multi-Sector Mapping. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology”***

Penelitian Predictive Maintenance in Industry 4.0: A Systematic Multi-Sector Mapping tahun 2024 mengidentifikasi bahwa antara tahun 2017 hingga 2022 terdapat peningkatan signifikan perhatian akademik pada strategi perawatan di sektor transportasi dan manufaktur, namun sebagian besar penelitian masih terfokus pada aspek teknis berbasis data dan belum menyentuh dimensi organisasional dan manusiawi dari implementasi PM. Penelitian ini menemukan bahwa tantangan terbesar bukan pada keterbatasan teknologi, melainkan pada kemampuan organisasi untuk membangun kapabilitas interpretasi data dan budaya perawatan yang mendukung.

Sebagai solusi, penelitian tersebut merekomendasikan pendekatan penelitian yang lebih berorientasi pada praktik nyata di lapangan untuk menjembatani kesenjangan antara perkembangan teknologi perawatan dan kesiapan organisasi dalam mengimplementasikannya. Dengan mengisi gap penelitian ini melalui kajian empiris yang lebih kontekstual, industri transportasi dapat membangun sistem PM yang tidak hanya canggih secara teknis tetapi juga berkelanjutan secara organisasional.

2.2.8 “Preventive Maintenance Practices in Regional Philippine Industries. *Philippine Journal of Industrial Engineering*”

Penelitian Preventive Maintenance Practices in Regional Philippine Industries tahun 2023 mengidentifikasi bahwa hambatan utama dalam implementasi preventive maintenance di industri kawasan Asia Tenggara meliputi keterbatasan anggaran, kurangnya komitmen manajemen, minimnya pelatihan teknis, dan tingginya tekanan jadwal operasional. Penelitian ini menemukan bahwa meskipun pelaku lapangan memahami langkah-langkah perawatan yang tepat, tekanan jadwal ketat dan pemangkasan anggaran kerap mencegah implementasi PM yang menyeluruh dan konsisten.

Sebagai solusi, penelitian tersebut menekankan perlunya pendekatan manajemen perawatan yang mempertimbangkan faktor kontekstual organisasi, termasuk kapasitas sumber daya manusia dan dukungan manajerial, sebagai komponen utama keberhasilan PM. Dengan mengintegrasikan prosedur teknis perawatan dengan strategi penguatan kapabilitas organisasi, perusahaan industri di kawasan berkembang dapat membangun sistem PM yang lebih adaptif dan berkelanjutan sesuai kondisi lokal mereka.

2.2.9 “Challenges in Predictive Maintenance – A Review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*”

Penelitian Challenges in Predictive Maintenance – A Review tahun 2023 mengidentifikasi bahwa salah satu tantangan paling krusial dalam

penerapan strategi perawatan modern adalah kurangnya aksesibilitas data historis kerusakan yang tertib dan lengkap, terutama di lingkungan industri yang belum terdigitalisasi. Penelitian ini menemukan bahwa tanpa rekam jejak kerusakan yang terstruktur, organisasi tidak dapat membangun model perawatan yang andal dan berisiko tetap terjebak dalam siklus perbaikan reaktif yang tidak efisien.

Sebagai solusi, penelitian tersebut merekomendasikan pembangunan infrastruktur pencatatan data kerusakan yang terstandarisasi sebagai langkah awal yang fundamental sebelum perusahaan dapat bertransisi menuju sistem perawatan berbasis prediksi maupun preventif yang lebih canggih. Dengan memastikan kualitas dan kontinuitas data historis, organisasi transportasi dan manufaktur dapat secara bertahap meningkatkan kematangan sistem manajemen perawatan mereka secara berkelanjutan.

2.2.10 “*Unlocking the Potential of Predictive Maintenance for Intelligent Manufacturing: A Case Study on Potentials, Barriers, and Critical Success Factors. Schmalenbach Journal of Business Research.*”

Penelitian *Unlocking the Potential of Predictive Maintenance for Intelligent Manufacturing: A Case Study on Potentials, Barriers, and Critical Success Factors* tahun 2024 mengidentifikasi melalui studi kasus kualitatif bahwa hambatan terbesar implementasi sistem perawatan modern di perusahaan kecil dan menengah bukan terletak pada keterbatasan teknologi, melainkan pada absennya visi dan strategi PM di seluruh lapisan organisasi serta kurangnya kolaborasi interdisipliner antara divisi teknis, operasional,

dan manajerial. Penelitian ini menemukan bahwa perusahaan yang memiliki komitmen manajerial yang kuat dan pilot project yang terencana menunjukkan keberhasilan implementasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan perusahaan yang menerapkan PM tanpa fondasi strategis.

Sebagai solusi, penelitian tersebut menekankan bahwa keberhasilan transformasi sistem perawatan memerlukan pendekatan yang memadukan kepemimpinan yang visioner, pilot project bertahap untuk meminimalkan risiko investasi, serta sistem umpan balik yang memungkinkan evaluasi dan penyesuaian berkelanjutan. Dengan membangun fondasi strategis dan kolaboratif ini, perusahaan transportasi maupun manufaktur skala menengah dapat mengimplementasikan sistem PM yang efektif dan berkelanjutan sesuai kapabilitas organisasinya.

Tabel 2. 2 Kajian Penelitian Terdahulu

No.	Judul, Peneliti, Tahun	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	Usulan Perancangan Penjadwalan dengan Preventive Maintenance pada Armada Truk UD. Berkah Kurniawan, Chabibi, Handoko, & Myrtanti, 2025	Merancang usulan penjadwalan preventive maintenance untuk keandalan dan ketersediaan armada karena tingginya frekuensi kerusakan dan ketiadaan sistem perawatan terorganisir	Kuantitatif deskriptif dengan pendekatan MTBF (Mean Time Between Failure) dan MTTR (Mean Time to Repair) berbasis data historis kerusakan tahun 2024 serta wawancara	Nilai MTBF tiap armada berkisar antara 859–6.207 jam dan MTTR 4–451,75 jam; beberapa unit truk memiliki availability di bawah 80%; dihasilkan jadwal PM spesifik per unit untuk meminimalkan downtime dan meningkatkan efisiensi distribusi	Sama-sama mengkaji penerapan preventive maintenance pada armada truk di perusahaan transportasi dengan fokus pada peningkatan keandalan dan pengurangan downtime	Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis MTBF/MTTR, sementara penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif
2.	Preventive Maintenance Analysis Based on Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR), Alfionita & Alifin, 2023	Menganalisis interval preventive maintenance yang optimal berdasarkan perhitungan MTBF dan MTTR pada peralatan industri guna meningkatkan availability dan efisiensi operasional	Kuantitatif analitik dengan perhitungan MTBF dan MTTR berbasis data historis kerusakan komponen mesin	Jadwal PM yang tidak didasarkan pada analisis keandalan menghasilkan interval yang tidak efisien; penetapan ulang jadwal berbasis MTBF/MTTR terbukti meningkatkan availability dan menekan biaya perawatan yang tidak perlu	Sama-sama menempatkan analisis keandalan dan penjadwalan PM sebagai inti kajian, serta menekankan pentingnya data historis kerusakan sebagai dasar perancangan sistem perawatan	Penelitian ini berfokus pada optimasi teknis jadwal PM, sedangkan penelitian ini menggali perspektif pelaku lapangan tentang kegagalan implementasi PM

3.	<p>Analisis Preventive Maintenance dengan Metode Menghitung MTBF dan MTTR (Studi Kasus PT. Gajah Tunggal Tbk), Fatma, Ponda, & Kuswara, 2022</p>	<p>Menganalisis dan menetapkan ulang jadwal preventive maintenance pada mesin motor blower dan AC panel berdasarkan nilai MTBF dan MTTR yang dihitung dari data historis kerusakan</p>	<p>Kuantitatif analitik dengan perhitungan MTBF, MTTR, dan nilai availability mesin berdasarkan catatan kerusakan periode Januari–Desember 2018</p>	<p>Jadwal PM diubah menjadi dua minggu sekali menghasilkan availability mesin sebesar 98%; perubahan jadwal berbasis data historis mampu secara signifikan mengurangi downtime dan meningkatkan efisiensi operasional</p>	<p>Sama-sama menyoroti pentingnya sistem pencatatan historis kerusakan sebagai fondasi perancangan jadwal PM yang efektif, serta menekankan bahwa interval perawatan harus disesuaikan dengan pola kegagalan aktual</p>	<p>Penelitian ini mengkaji PM pada mesin industri manufaktur ban, sedangkan penelitian ini berfokus pada armada truk di dengan konteks organisasi dan tantangan implementasi yang berbeda</p>
4.	<p>Analisis Preventive Maintenance pada Forklift dan Reach Truck dengan Metode MTBF dan MTTR di PT Medan Distribusindo Raya, Khoir et al., 2025</p>	<p>Menganalisis efektivitas preventive maintenance pada kendaraan operasional gudang melalui perhitungan MTBF, MTTR, dan RPN untuk mengidentifikasi komponen kritis dan menetapkan interval PM optimal</p>	<p>Kuantitatif dengan integrasi MTBF, MTTR, dan Risk Priority Number (RPN) berbasis data kerusakan tahun 2024</p>	<p>Interval PM optimal berada pada rentang 15–21 hari (40–70% dari MTBF); komponen kritis utama adalah hydraulic pump, battery, dan silinder hidrolik; pendekatan berbasis data memungkinkan alokasi sumber daya perawatan yang lebih efisien</p>	<p>Sama-sama mengkaji PM pada kendaraan operasional yang beroperasi dalam lingkungan distribusi dan logistik, serta menekankan pentingnya identifikasi komponen kritis sebagai prioritas perawatan</p>	<p>Penelitian ini mengkaji kendaraan gudang (forklift dan reach truck) dalam lingkungan indoor yang terkontrol, sementara penelitian ini mengkaji armada truk dalam kondisi operasional lapangan yang lebih kompleks dan beragam</p>

5.	<p>Analisis Efektivitas Preventive Maintenance dengan Metode Periodic Inspection untuk Meningkatkan Kinerja pada Unit WA800-3, Fahri, 2025</p>	<p>Menganalisis efektivitas penerapan preventive maintenance melalui periodic inspection pada alat berat operasional tambang dengan menggunakan indikator MTBF, MTTR, PI Achievement, dan PI Accuration</p>	<p>Kuantitatif deskriptif dengan analisis MTBF, MTTR, dan pengukuran Periodic Inspection Achievement serta Accuration berbasis data operasional harian</p>	<p>PI Achievement dan PI Accuration mencapai 100%; MTTR terjaga di bawah 6 jam; kedisiplinan dalam melaksanakan inspeksi berkala terbukti mampu mencegah kerusakan tak terduga dan mempertahankan kinerja alat berat secara optimal</p>	<p>Sama-sama menyoroti bahwa kepatuhan terhadap jadwal perawatan dan kedisiplinan pelaksana merupakan faktor kunci keberhasilan PM, yang menjadi salah satu dimensi analisis dalam penelitian ini</p>	<p>Penelitian ini berfokus pada alat berat industri dengan pertimbangan konteks, sedangkan penelitian ini mengkaji kepatuhan PM dari perspektif sosial-organisasional di lingkungan transportasi</p>
6.	<p>A Systematic Literature Review of the Predictive Maintenance from Transportation Systems Aspect, Yildirim & Nezamoddini, 2022</p>	<p>Mengkaji tren dan perkembangan teknik predictive maintenance dalam sistem transportasi selama lima tahun terakhir melalui tinjauan sistematis terhadap 52 studi dari berbagai basis data akademik internasional</p>	<p>Systematic Literature Review (SLR) dengan analisis terhadap 52 artikel dari IEEE Xplore, ResearchGate, ScienceDirect, dan YokTez yang diterbitkan antara 2017–2022</p>	<p>Strategi perawatan di sektor transportasi masih didominasi pendekatan reaktif; tantangan terbesar adalah kesenjangan antara ketersediaan data sensor kendaraan dan kapabilitas organisasi dalam menginterpretasikannya; mendorong pendekatan berbasis data dan AI</p>	<p>Sama-sama menempatkan sektor transportasi sebagai konteks utama kajian perawatan kendaraan dan menyoroti bahwa kesenjangan kapabilitas organisasi menjadi faktor penghambat utama optimalisasi sistem PM</p>	<p>Penelitian ini bersifat review sistematis dengan cakupan global dan fokus pada solusi teknologi berbasis AI/IoT, sedangkan penelitian ini bersifat studi kasus kualitatif yang mengkaji hambatan organisasional dan perspektif pelaku lapangan di satu perusahaan</p>

7.	<p>Predictive Maintenance in Industry 4.0: A Systematic Multi-Sector Mapping, Mallioris, Aivazidou, & Bechtsis, 2024</p>	<p>Memetakan secara sistematis perkembangan penelitian predictive maintenance di berbagai sektor industri dalam konteks Industry 4.0 antara tahun 2017–2022 berdasarkan metode, aplikasi, dan tantangan implementasinya</p>	<p>Systematic multi-sector mapping menggunakan data dari Scopus dan Web of Science; 251 artikel dianalisis berdasarkan sektor industri, metode, input, dan output penelitian</p>	<p>Penelitian PM didominasi pendekatan data-driven; sektor transportasi dan manufaktur menunjukkan pertumbuhan perhatian yang signifikan; tantangan terbesar bukan pada teknologi melainkan pada kapabilitas organisasi untuk menginterpretasikan data dan membangun budaya perawatan yang mendukung</p>	<p>Sama-sama mengidentifikasi bahwa kesenjangan antara perkembangan teknologi perawatan dan kesiapan organisasi merupakan hambatan utama, yang relevan dengan konteks perusahaan transportasi menengah yang menjadi objek penelitian ini</p>	<p>Penelitian ini berskala global dan bersifat pemetaan multisektor dengan fokus pada aspek teknis-teknologis, sedangkan penelitian ini mengkaji satu perusahaan secara mendalam dengan pendekatan kualitatif</p>
8.	<p>Preventive Maintenance Practices in Regional Philippine Industries, Dizon, Reyes, & Villanueva, 2023</p>	<p>Mengidentifikasi praktik preventive maintenance yang diterapkan di industri regional Filipina serta menganalisis faktor-faktor yang memfasilitasi atau menghambat implementasinya</p>	<p>Kualitatif deskriptif dengan wawancara semi-terstruktur kepada insinyur dan manajer operasional di industri regional Filipina; analisis tematik terhadap data yang diperoleh</p>	<p>Hambatan utama PM meliputi keterbatasan anggaran, kurangnya komitmen manajemen, minimnya pelatihan teknis, dan tekanan jadwal operasional; pelaku lapangan memahami langkah PM yang tepat namun terhalang faktor struktural dan organisasional</p>	<p>Sama-sama menggunakan pendekatan kualitatif untuk menggali perspektif pelaku lapangan tentang hambatan implementasi PM, dan menemukan bahwa faktor manajerial dan organisasional lebih dominan dibanding faktor teknis</p>	<p>Penelitian ini dilakukan di konteks industri manufaktur Filipina dengan multi-industri sebagai objek kajian, sedangkan penelitian ini berfokus khusus pada perusahaan transportasi truk di Indonesia dengan budaya organisasi yang berbeda</p>

9.	Challenges in Predictive Maintenance – A Review, Nunes, Santos, & Rocha, 2023	Mengidentifikasi dan menganalisis tantangan utama dalam pengembangan dan implementasi predictive maintenance di berbagai sektor industri melalui kajian literatur komprehensif	Literature review terhadap artikel-artikel yang diterbitkan dalam jurnal internasional terindeks Scopus terkait tantangan implementasi predictive dan preventive maintenance di industri	Kurangnya aksesibilitas data historis kerusakan yang tertib dan lengkap merupakan tantangan paling krusial; tanpa rekam jejak yang terstruktur, organisasi tidak dapat membangun model perawatan yang andal dan berisiko tetap dalam siklus perbaikan reaktif	Sama-sama menyoroti bahwa ketidakterediaan data historis kerusakan yang sistematis menjadi hambatan fundamental dalam membangun sistem PM yang berkelanjutan, yang secara langsung relevan dengan kondisi yang ditemukan di lapangan	Penelitian ini bersifat review global dengan fokus pada solusi teknis berbasis data dan teknologi, sedangkan penelitian ini mengkaji hambatan tersebut dari perspektif kualitatif melalui pengalaman langsung pelaku di perusahaan transportasi Indonesia
10.	Unlocking the Potential of Predictive Maintenance for Intelligent Manufacturing: A Case Study on Potentials, Barriers, and Critical Success Factors, Grooss, 2024	Mengeksplorasi potensi, hambatan, dan faktor keberhasilan kritis implementasi predictive maintenance pada perusahaan manufaktur kecil dan menengah melalui studi kasus kualitatif	Studi kasus kualitatif pada empat perusahaan kecil dan menengah di Denmark; melalui wawancara mendalam dengan manajer pemeliharaan dan dianalisis secara tematik	Hambatan terbesar bukan pada keterbatasan teknologi, melainkan pada absennya visi PM di seluruh lapisan organisasi dan kurangnya kolaborasi interdisipliner; perusahaan dengan komitmen manajerial kuat dan pilot project terencana menunjukkan keberhasilan implementasi lebih tinggi	Sama-sama menggunakan pendekatan kualitatif dengan wawancara sebagai, dan menemukan bahwa faktor kepemimpinan serta komitmen organisasi merupakan determinan utama keberhasilan implementasi PM	Penelitian ini dilakukan di lingkungan industri manufaktur, sedangkan penelitian ini mengkaji perusahaan transportasi di Indonesia dengan karakteristik berbeda

2.3 Alur Kerangka Penelitian

Alur kerangka penelitian bertujuan untuk menunjukkan cara peneliti meneliti topik yang dibahas. Berikut bagan alur kerangka penelitian:

