

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Dump Truck Mercedes-Benz Actros 4843 K*

Dump truck ini dirancang untuk membawa material berat di bidang konstruksi dan pertambangan, *dump truck Mercedes-Benz Actros 4843 K* disukai oleh perusahaan konstruksi karena kekuatan dan keandalannya. Unit ini memiliki sistem penggerak yang efisien dan mesin bertenaga (Mercedes-Benz Group AG, 2021). Pada gambar 2.1 merupakan unit *Mercedes-Benz Actros 4843 K*.



Gambar 2. 1Unit *Mercedes-Benz Actros 4843 k*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.1.1 Spesifikasi Teknis *Mercedes-Benz Actros 4843 K*

Spesifikasi teknis *dump truck Mercedes-Benz Actros 4843 K* meliputi :

1. Mesin
 - a. Tipe Mesin: OM 460.
 - b. Konfigurasi: 6 *silinder* segaris, *turbocharged*.
 - c. Kapasitas Mesin: 12.8 liter.
 - d. Daya Maksimum: 430 HP (*Horsepower*).
 - e. *Torsi* Maksimum: 2100 Nm.
 - f. *Transmisi* : Manual
2. Dimensi
 - a. Panjang: Tergantung pada konfigurasi bak atau *trailer*.
 - b. Lebar: Sekitar 2.5 meter.
 - c. Tinggi: Bervariasi berdasarkan spesifikasi tambahan.

3. Kapasitas
 - a. GVW (*Gross Vehicle Weight*): 48 ton.
 - b. Muatan Maksimum: Tergantung pada konfigurasi bak dan penggunaan.
4. Sasis
 - a. Konfigurasi Sumbu: 8x4 (empat sumbu dengan penggerak pada dua sumbu belakang).
 - b. *Suspensi*: *Suspensi* daun atau *suspensi* udara, tergantung pada kebutuhan operasional.
5. Fitur Lainnya
 - a. Sistem Pengereman: Pengereman udara dengan ABS dan EBS (*electronic brake system*).
 - b. Kabin: Kabin dengan kenyamanan tinggi, dilengkapi AC, dan sistem *infotainment* modern.
 - c. Keamanan: Fitur keselamatan canggih seperti sistem kontrol stabilitas, *hill start assist*, dan lain-lain.

2.1.2 Kelebihan *Mercede-Benz Actros 4843 K*

Mercedes-Benz Actros 4843 K memiliki beberapa kelebihan yang menjadikannya pilihan utama dalam industri konstruksi dan pertambangan:

1. Kinerja tinggi: *dump truck* ini memiliki mesin bertenaga dan transmisi otomatis sehingga dapat beroperasi dengan efisien dalam berbagai kondisi medan baik di jalan raya maupun di lokasi konstruksi yang sulit.
2. Efisiensi bahan bakar: dengan teknologi mesin yang canggih, dan dapat mengurangi biaya operasional dengan mengoptimalkan konsumsi bahan bakar.
3. Keandalan dan daya tahan: dikenal karena kualitas dan daya tahan produknya. *Dump truck Mercedes-Benz Actros 4843 K* adalah merek yang dikenal yang memiliki desain yang tahan lama dan dapat diandalkan dalam lingkungan kerja yang sulit.
4. Kenyamanan pengemudi: dilengkapi dengan teknologi modern dan kabin ergonomis, pengemudi akan merasa lebih nyaman dan aman saat bekerja. Dengan fitur seperti sistem pendingin udara dan kursi yang dapat disesuaikan unit ini lebih nyaman untuk digunakan.

2.1.3 Perawatan dan Perawatan *Dump Truck Mercedes-Benz Actros 4843 K*

Untuk menjaga kinerja dan keandalan *dump truck Mercedes-Benz Actros 4843 K*, perawatan yang tepat sangat penting. Beberapa aspek penting dalam perawatan *dump truck* ini meliputi:

1. Pemeriksaan Rutin: untuk memastikan bahwa semua bagian berfungsi dengan baik, komponen utama seperti mesin, sistem hidrolik, dan ban diperiksa secara teratur.
2. Pelumasan dan penggantian suku cadang: untuk mencegah kerusakan lebih lanjut bagian yang bergerak harus dilumasi dan suku cadang yang *aus* harus diganti dengan cepat. (Sultannu et al., 2024) menyatakan bahwa perawatan yang teratur dan sistematis pada *dump truck* dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi *downtime* yang tidak diinginkan.
3. Pelatihan pengemudi: memberikan pengemudi pelatihan yang memadai tentang cara mengoperasikan *dump truck* dengan benar untuk mengurangi risiko kesalahan operasional yang dapat menyebabkan kerusakan.

2.2 Maintenance (Perawatan)

Perawatan alat berat sangat penting karena alat berat yang berfungsi dengan baik penting untuk kelancaran proses produksi. Dalam konteks perawatan alat berat merujuk pada serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaiki, dan meningkatkan kinerja agar tetap berfungsi dengan baik. Perawatan mesin yang efektif dapat meningkatkan produktivitas dan *efisiensi* operasional, serta mengurangi risiko kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi. (Bagus Fitriyanto et al., 2022)

Selain itu terkait dengan perawatan alat berat yang merupakan kumpulan tindakan yang dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan kinerja alat berat sehingga tetap beroperasi dengan baik. Industri pertambangan membutuhkan perawatan yang efektif untuk memastikan operasional yang lancar dan mengurangi risiko kerusakan. Perawatan yang baik dapat memperpanjang umur alat berat dan meningkatkan efisiensi operasional, (Bagus Fitriyanto et al., 2022). Perawatan mesin atau peralatan kerja pada dasarnya memerlukan beberapa kegiatan, seperti:

1. Kegiatan pemeriksaan/pengecekan
2. Kegiatan pelumasan (*lubrication*)
3. Kegiatan perbaikan/parasi pada kerusakan (*repairing*)
4. Kegiatan penggantian suku cadang (*spare part*) atau komponen

2.2.1 Tujuan Maintenance (Perawatan)

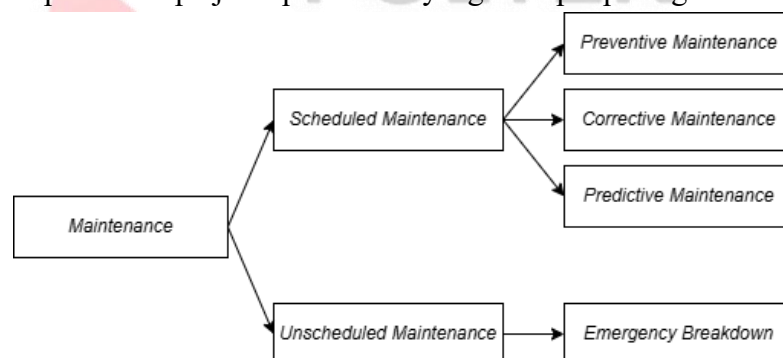
Di lokasi PT. BUMA Lati tujuan utama perawatan adalah untuk memastikan bahwa semua alat berat termasuk *dump truck* beroperasi dengan baik dan siap untuk digunakan dalam setiap fase operasional. Perusahaan dapat menghindari kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi dengan melakukan perawatan yang terencana dan terorganisir. Perawatan yang baik adalah kunci untuk menjaga efisiensi dan efektivitas operasional dalam suatu organisasi, (Bagus Fitriyanto et al., 2022). Oleh karena itu perawatan yang tepat waktu dan berkualitas tinggi sangat

penting untuk menjaga operasi lapangan berjalan lancar. Selain itu perawatan bertujuan untuk memperpanjang umur alat berat. Dengan menjaga kondisi peralatan tetap optimal melalui perawatan rutin perusahaan dapat memaksimalkan investasi yang telah dikeluarkan untuk alat berat tersebut. Dengan memperpanjang umur alat dapat mengurangi frekuensi penggantian alat berat.

Meningkatkan keselamatan kerja adalah tujuan tambahan dari perawatan. Alat berat yang tidak terawat dapat membahayakan operator dan karyawan lainnya. Dengan memastikan bahwa semua peralatan berfungsi dengan baik risiko kecelakaan dapat dikurangi. Perawatan yang tepat tidak hanya menjaga kinerja alat, tetapi juga melindungi keselamatan semua orang yang terlibat dalam operasional, (Sultannu et al., 2024). Oleh karena itu keselamatan harus diutamakan dalam setiap langkah perawatan.

2.2.2 Jenis-jenis *Maintenance* (Perawatan)

Terdapat beberapa jenis perawatan yang terdapat pada gambar 2.2 yaitu:



Gambar 2. 2 Diagram Jenis Perawatan
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Pada gambar 2.2 diatas menunjukkan jenis-jenis *maintenance* yang dibagi menjadi 2, yaitu perawatan terencana dan tidak terencana.

1. Perawatan Terencana
 - a. *Preventive maintenance* yaitu perawatan rutin yang dijadwalkan untuk mencegah kerusakan sebelum terjadi dengan melakukan pemeriksaan atau perawatan rutin.
 - b. *Corrective maintenance* yaitu dilakukan pada saat peralatan mengalami kerusakan dengan tujuan memperbaikinya dan mengembalikannya ke kondisi normal.
 - c. *Predictive maintenance* yaitu menggunakan data dan analisis untuk memprediksi kerusakan yang mungkin terjadi sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum masalah muncul.

2. Perawatan Tidak Terencana

Emergency breakdown adalah jenis perawatan yang dilakukan secara tiba-tiba dan tidak direncanakan untuk memperbaiki kerusakan atau masalah yang signifikan yang dapat mengganggu operasional.

2.2.3 Pemeliharaan Terjadwal (*Scheduled Maintenance*)

Scheduled maintenance atau perawatan terjadwal adalah perawatan yang dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan sebelumnya. *Planned maintenance* bertujuan untuk menjaga kinerja peralatan dan mencegah kerusakan yang tidak diinginkan. Metode ini sangat penting untuk manajemen perawatan terutama dalam sektor bisnis yang bergantung pada mesin dan alat berat untuk operasi sehari-hari.

1. Karakteristik *Scheduled Maintenance*

Scheduled maintenance memiliki beberapa karakteristik utama, antara lain:

a. Jadwal Teratur:

Tergantung pada jenis peralatan dan rekomendasi pabrikan perawatan dilakukan pada interval tertentu, seperti harian, mingguan, bulanan, atau tahunan.

b. Dokumentasi:

Setiap operasi perawatan dicatat secara menyeluruh, dengan tanggal, jenis, dan hasil pemeriksaan. Di masa mendatang analisis kinerja dan perencanaan perawatan bergantung pada informasi ini.

c. Pengelolaan Sumber Daya:

Scheduled maintenance melibatkan pengelolaan sumber daya yang baik termasuk tenaga kerja, suku cadang, dan peralatan, untuk memastikan bahwa perawatan dapat dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

2. Manfaat *Scheduled Maintenance*

Selain itu manfaat melakukan perawatan terencana adalah:

a. Mencegah Kerusakan:

Dengan melakukan perawatan secara teratur, perusahaan dapat mencegah kerusakan sebelum terjadi sehingga mengurangi risiko *downtime* yang tidak diinginkan.

b. Mengurangi Biaya:

Meskipun perawatan terencana memerlukan waktu dan sumber daya, manfaatnya jauh lebih besar dalam jangka panjang. Perawatan terencana dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas (Bagus Fitriyanto et al., 2022).

c. Peningkatan Umur Peralatan:

Perawatan teratur dapat memperpanjang umur peralatan dan memungkinkan perusahaan untuk memaksimalkan investasi yang telah dikeluarkan.

3. Proses Implementasi *Scheduled Maintenance*

Implementasi *scheduled maintenance* melibatkan beberapa langkah, antara lain:

Analisis Kinerja:

Menilai kinerja peralatan untuk menentukan jenis perawatan yang diperlukan.

a. Penyusunan Jadwal:

Membuat jadwal perawatan dengan semua tugas yang harus dilakukan dan mengalokasikan sumber daya yang diperlukan.

b. Pelaksanaan Perawatan:

Mengikuti jadwal perawatan dan mencatat semua tindakan yang dilakukan.

c. Evaluasi dan Penyesuaian:

Melakukan evaluasi terhadap efektivitas perawatan terencana dan melakukan penyesuaian jika diperlukan.

2.2.4 Perawatan Tidak Terjadwal (*Unscheduled Maintenance*)

Perawatan tidak terjadwal juga disebut sebagai *unscheduled maintenance* yang artinya adalah jenis perawatan yang dilakukan sebagai tanggapan atas kerusakan atau kegagalan yang terjadi secara mendadak pada peralatan atau mesin. Tidak seperti perawatan terencana yang dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Perawatan tidak terjadwal bersifat reaktif dan sering kali memerlukan tindakan segera untuk meminimalkan penundaan dan dampak negatif terhadap operasional. Perawatan tanpa jadwal dapat menyebabkan gangguan signifikan dalam operasional dan meningkatkan biaya, sehingga penting untuk meminimalkan frekuensinya, (Anggrahini et al., 2020)

1. Penyebab Perawatan Tidak Terjadwal

Faktor-faktor berikut dapat menyebabkan perawatan tidak terjadwal:

a. Keausan dan Usia Peralatan:

Seiring berjalannya waktu komponen peralatan akan mengalami keausan yang dapat menyebabkan kerusakan mendadak. Hal ini sering terjadi pada alat berat yang digunakan dalam kondisi operasional yang berat.

b. Kesalahan Operasional:

Kesalahan dalam pengoperasian alat atau mesin oleh operator dapat menyebabkan kerusakan yang tidak terduga. Pelatihan yang tidak memadai atau kurangnya pemahaman tentang prosedur operasional dapat meningkatkan risiko ini.

2. Dampak Perawatan Tidak Terjadwal

Perawatan tidak terjadwal dapat berdampak besar pada operasi bisnis sebuah perusahaan, termasuk:

- a. *Downtime* yang Tidak Diinginkan:
Jika peralatan mengalami kerusakan yang tidak terduga, waktu henti yang tidak terduga dapat mengganggu proses produksi dan mempersulit proyek. Sebagaimana dinyatakan oleh (Bagus Fitriyanto et al., 2022), keterlambatan yang disebabkan oleh perawatan tidak terjadwal dapat mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan.
 - b. Biaya yang Meningkat:
Perawatan tidak terjadwal sering kali lebih mahal dibandingkan dengan perawatan terencana karena memerlukan respon cepat dan mungkin melibatkan biaya tambahan untuk suku cadang dan tenaga kerja. Carman & Zainuri (2024), biaya yang terkait dengan perawatan tidak terjadwal dapat mengganggu anggaran operasional perusahaan.
3. Strategi untuk Mengurangi Perawatan Tidak Terjadwal
- Untuk mengurangi frekuensi perawatan tidak terjadwal perusahaan dapat menerapkan beberapa strategi, antara lain:
- a. Peningkatan Pelatihan Operator:
Memberikan pelatihan yang memadai kepada operator tentang cara mengoperasikan peralatan dengan benar dapat mengurangi risiko kesalahan operasional yang dapat menyebabkan kerusakan
 - b. Pemantauan Kondisi Peralatan:
Menggunakan teknologi pemantauan kondisi seperti sensor dan perangkat lunak analitik yang dapat membantu dalam mendeteksi masalah sebelum menjadi kerusakan yang serius. (Anggrahini et al., 2020) menekankan, pemantauan kondisi yang efektif dapat membantu perusahaan dalam merencanakan perawatan dan mengurangi risiko kerusakan mendadak.
 - c. Penerapan *predictive maintenance*:
Predictive maintenance yang menggunakan data untuk memprediksi kapan perawatan perlu dilakukan dapat membantu mengurangi ketergantungan pada perawatan tidak terjadwal.

2.2.5 *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

Perawatan pencegahan adalah jenis perawatan yang dilakukan secara rutin untuk mencegah kerusakan atau kegagalan pada peralatan sebelum masalah muncul. Tujuan utama dari perawatan pencegahan adalah untuk memastikan bahwa peralatan berfungsi dengan baik, memperpanjang umurnya, dan mengurangi risiko *downtime* yang tidak diinginkan. Perawatan rutin membantu bisnis menemukan masalah kecil dan memperbaikinya sebelum menjadi kerusakan yang lebih besar. Perawatan pencegahan adalah tindakan yang dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan kinerja peralatan dengan cara melakukan pemeriksaan, perawatan, dan penggantian komponen secara teratur, (Bagus Fitriyanto et al., 2022) Perawatan ini biasanya termasuk hal-hal seperti:

1. Pemeriksaan Rutin:
Untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan tidak ada tanda-tanda keausan atau kerusakan lakukan inspeksi rutin.
 2. Penggantian Suku Cadang:
Mengganti komponen yang sudah tua sebelum rusak, seperti *filter* oli, dan komponen lainnya yang mudah rusak.
 3. Pembersihan:
Membersihkan komponen dan peralatan untuk menghindari kotoran atau bahan lain yang dapat mengganggu kinerja.
 4. Kalibrasi:
Melakukan kalibrasi instrumen dan alat ukur untuk memastikan konsistensi dan akurasi pengukuran.
- Perawatan pencegahan memastikan bahwa peralatan selalu dalam kondisi baik sehingga meningkatkan produktivitas dan mengurangi *downtime* perbaikan darurat. *Preventive maintenance* membutuhkan waktu dan sumber daya tetapi keuntungan jangka panjangnya jauh lebih besar daripada biaya. Perusahaan dapat mencapai tujuan operasional yang lebih baik dan meningkatkan kinerja keseluruhan dengan mengurangi risiko kerusakan dan *downtime*..
- Hasil dari data inspeksi unit menunjukkan bahwa perencanaan layanan dibuat untuk memenuhi interval waktu kerja unit tersebut. Layanan yang diberikan juga berbeda berdasarkan jam kerja yang telah dipenuhi. Setelah membuat perencanaan *service planner* mulai menyiapkan komponen *consumable* dan komponen lainnya yang diperlukan saat layanan dijalankan. Pada saat *service* selesai sebuah laporan *breakdown* unit setiap hari akan dibuat yang kemudian akan dikumpulkan menjadi laporan *breakdown* unit.

2.2.6 *Corrective Maintenance* (Perawatan Perbaikan)

Corrective maintenance adalah jenis perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau kegagalan pada suatu peralatan atau sistem. Tujuan utama dari *corrective maintenance* adalah untuk mengembalikan peralatan atau sistem ke kondisi operasional normal setelah terjadi masalah. Tujuan pencatatan riwayat unit produksi yang dirawat secara umum adalah:

1. Memiliki catatan sejarah yang baik akan meningkatkan produktivitas karena kondisi unit produksi dapat dipantau.
2. Metode inspeksi dengan program yang ketat akan menghasilkan hasil yang baik dengan biaya yang relatif murah jika dibandingkan dengan nilai perbaikan dari kerusakan.
3. Setelah data sejarah diperoleh dengan lengkap, siklus *overhaul* unit produksi dapat diperkirakan dengan baik.
4. Dalam kasus di mana data dari catatan sejarah lebih ketat, upaya untuk memperpanjang siklus *overhaul* akan berhasil.

2.2.7 *Predictive Maintenance* (Prediksi Perawatan)

Predictive maintenance adalah perawatan yang bertujuan untuk memprediksi kapan suatu peralatan atau sistem akan mengalami kerusakan sehingga perawatan dapat dilakukan sebelum kerusakan terjadi. Metode ini menggunakan data dan analisis untuk menentukan kondisi peralatan dan memprediksi kapan perawatan harus dilakukan berdasarkan kondisi aktual dan pola kegagalan yang ditemukan.

Predictive maintenance memanfaatkan teknologi dan data analitik untuk memantau kondisi peralatan secara *real-time* sehingga memungkinkan perusahaan untuk melakukan perawatan tepat waktu dan mengurangi risiko kerusakan mendadak, (Anggrahini et al., 2020). Metode ini biasanya melibatkan penggunaan sensor dan perangkat lunak analitik untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari peralatan seperti suhu, getaran, dan tekanan. *Predictive maintenance* memiliki banyak keuntungan, seperti:

1. Pengurangan *downtime*:
Perusahaan dapat merencanakan perawatan dengan lebih baik dengan memprediksi kapan peralatan akan mengalami kerusakan yang mengurangi waktu henti yang tidak terduga.
2. Penghematan Biaya:
Predictive maintenance dapat membantu mengurangi biaya untuk perawatan darurat dan penggantian komponen yang tidak perlu. Dengan melakukan perawatan berdasarkan kondisi, perusahaan dapat menghindari biaya yang tinggi akibat kerusakan mendadak, (Bagus Fitriyanto et al., 2022)
3. Optimalisasi Sumber Daya:
Dengan menggunakan *predictive maintenance* perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya untuk perawatan dengan lebih efisien karena perawatan dilakukan sesuai dengan kebutuhan nyata daripada jadwal yang ditetapkan.

2.2.8 *Emergency Breakdown*

Emergency breakdown pada unit pada kegagalan mendadak pada unit mesin, peralatan, atau sistem tertentu selama proses produksi di fasilitas. Kegagalan ini dapat menyebabkan unit tersebut tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya yang dapat mengganggu operasi keseluruhan. Berikut adalah beberapa elemen penting yang perlu diperhatikan saat unit mengalami kerusakan darurat. Berikut adalah beberapa aspek kunci dari *emergency breakdown* pada unit:

1. Kegagalan spesifik: terjadi pada unit atau komponen tertentu dalam sistem atau mesin, seperti motor, pompa, atau generator.

2. Menghentikan operasi: unit yang mengalami *breakdown* tidak bisa digunakan, menyebabkan potensi berhentinya proses atau produksi yang bergantung pada unit tersebut.
3. Memerlukan tindakan cepat: diperlukan penanganan cepat untuk mencegah dampak yang lebih luas seperti kerugian finansial, penundaan produksi, atau risiko keselamatan.

Penanganan *emergency breakdown* memerlukan diagnosa cepat, perbaikan segera, dan dalam beberapa kasus, penggantian unit yang rusak untuk memastikan kelangsungan operasional.

2.2.9 Performance Maintenance

Performance maintenance adalah pendekatan dalam manajemen perawatan yang berfokus pada menjaga dan meningkatkan kinerja peralatan atau sistem agar tetap beroperasi secara optimal. Dalam konteks alat berat seperti *dump truck*, *performance maintenance* bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik, sehingga dapat meminimalkan *downtime*, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperpanjang umur alat berat.

2.2.10 Produktivitas Mesin/Alat Berat

Dalam bidang perawatan dan manajemen operasi, ketersediaan, atau *availability*, adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur seberapa lama suatu aset atau peralatan dapat digunakan ketika dibutuhkan. Ini menunjukkan berapa lama mesin atau peralatan berfungsi dengan baik dan siap untuk digunakan:

1. *Mechanical Availability* (MA) adalah persentase suatu alat/unit beroperasi dengan memperhitungkan sebab mekanis (Perawatan, perbaikan, dll). Pengukuran dari *mechanical availability* adalah:

$$MA = \frac{\text{Jam Operasi}}{\text{Jam Operasi} + \text{Jam Breakdown}} \times 100\% \dots \dots \dots (1) \text{ (Isnaeni et al., 2022)}$$

2. *Physical Availability* (PA) adalah persentase alat/unit dengan memperhitungkan kehilangan waktu karena sebab non mekanis (*no material, no job, maintenance rokson*. dll).

Pengukuran dari *physical availability* adalah:

$$PA = \frac{\text{Jam Operasi} + \text{Jam Standby}}{\text{Jam Kerja}} \times 100\% \dots \dots \dots (2) \text{ (Isnaeni et al., 2022)}$$

3. *Utilization Availability* (UA) adalah persentase perbandingan antara jam kerja aktual unit (jam operasi) dengan total jam kerja efektif yang tersedia untuk unit tersebut.

Pengukuran dari *utilization availability* (UA) adalah:

$$UA = \frac{\text{Jam Operasi}}{\text{Jam Kerja}} \times 100\% \dots \dots \dots (3) \text{ (Isnaeni et al., 2022)}$$

4. *Efficiency Utilization* (EU) untuk mengukur efisiensi penggunaan alat berdasarkan perbandingan antara waktu operasi aktual dengan waktu availability (PA). indikator ini menunjukkan efisiensi pemanfaatan unit saat dalam kondisi fisik tersedia.

Pengukuran *utilization efficiency* (UE) adalah:

$$EU = \frac{\text{Jam Operasi}}{\text{Jam Operasi} + \text{Jam Standby}} \times 100\% \dots \dots \dots (4) \text{ (Isnaeni et al., 2022)}$$

Penjelasan rumus:

- a. Jam operasi: suatu unit atau alat berat mengacu pada total durasi (jam) di mana mesin tersebut aktif bekerja dan menjalankan fungsi utamanya secara efisien.
- b. Jam *standby* pada suatu unit atau alat berat adalah durasi ketika mesin atau alat tersebut berada dalam kondisi siap operasional secara fisik namun tidak digunakan karena alasan tertentu yang bukan disebabkan oleh kerusakan atau malfungsi (*non-kerusakan*). Ini bisa terjadi karena berbagai faktor seperti *praying, no operator, istirahat, tidak ada batubara*, dll.
- c. Jam *breakdown* adalah total durasi (jam) di mana sebuah unit atau alat berat tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya karena mengalami kerusakan atau gangguan teknis.
- d. Jam kerja adalah total durasi keseluruhan dari aktivitas unit pada periode tertentu. Jam kerja bisa di dapat dengan menggabungkan seluruh hasil jam operasi, jam *standby*, dan jam *breakdown*.

Penelitian mengenai pengaruh tindakan *maintenance* terhadap performa unit *dump truck* telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti di berbagai sektor industri, pertambangan, dll. Penelitian-penelitian ini memberikan wawasan yang berharga tentang bagaimana perawatan yang tepat dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi operasional kendaraan berat.

2.2.11 Indikator Dalam *Maintenance*

Indikator perawatan adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja dan efektivitas kegiatan perawatan pada sistem atau peralatan. Berikut adalah beberapa petunjuk umum untuk perawatan (Fatma et al., 2020):

1. MTTR (*Mean Time To Repair*) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki suatu

peralatan atau sistem setelah mengalami kerusakan. MTTR memberikan gambaran tentang efisiensi proses perawatan dan seberapa cepat suatu peralatan dapat kembali beroperasi setelah mengalami kegagalan. Metrik ini sangat penting dalam manajemen perawatan karena waktu perbaikan yang lebih singkat dapat mengurangi *downtime* dan meningkatkan ketersediaan peralatan.

$$MTTR = \frac{\text{Jam Breakdown}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \dots\dots\dots(5) \text{ (Nurdiansyah \& D.P, 2024)}$$

2. MTTF (*Mean Time To Failure*) adalah metrik keandalan yang digunakan untuk mengukur waktu rata-rata yang dibutuhkan sebelum suatu peralatan mengalami kegagalan pertama kali. MTTF digunakan khusus untuk peralatan yang tidak dapat diperbaiki (*non-repairable systems*).

$$MTTF = \frac{\text{Jam Operasi}}{\text{Jumlah Unit}} \dots\dots\dots(6) \text{ (Nurdiansyah \& D.P, 2024)}$$

3. MTBF (*Mean Time Between Failures*) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur keandalan suatu sistem atau peralatan. MTBF menunjukkan waktu rata-rata antara kegagalan pertama dan kegagalan berikutnya dalam jangka waktu tertentu. Dalam analisis keandalan dan manajemen perawatan metrik ini sangat penting karena menunjukkan seberapa baik peralatan berfungsi sebelum mengalami kerusakan.

$$MTBF = \frac{\text{Jam Operasi}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \dots\dots\dots(7) \text{ (Fatma et al., 2020)}$$

Penjelasan rumus:

- a. Jam operasi: jumlah total waktu di mana peralatan beroperasi tanpa mengalami kegagalan dalam periode tertentu.
- b. Frekuensi *breakdown*: jumlah total kegagalan yang terjadi pada waktu yang sama.

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai analisa tindakan *maintenance* terhadap performa unit *dump truck* telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti di berbagai sektor industri pertambangan, dll. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga tentang bagaimana perawatan yang tepat dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi operasional kendaraan berat. Pada tabel 2.2 penelitian terdahulu akan dibahas beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ini.

Tabel 2. 1 Jurnal Terdahulu

No	Judul jurnal, nama penelitian, tahun	Permasalahan	Kerangka pemecahan	Hasil
1.	<i>The Target Achievement Effort of Mechanical and Physical Availability of Doosan Excavator at PT XYZ</i> Isnaeni dkk., 2022	Nilai MA dan PA masih di bawah target operasional perusahaan	Perhitungan MA dan PA berdasarkan data <i>downtime</i> dan <i>working hours</i> alat berat	MA: 74%, PA: 79% (target MA: 83%, PA: 90%)
2.	Pengaruh <i>Preventive Maintenance</i> Terhadap Performa Unit <i>Excavator Komatsu PC 200-8</i> – Prihadianto dkk. (2025)	Terjadinya penundaan <i>preventive maintenance</i> pada <i>excavator</i> berdampak pada produktivitas dan fisik unit.	Analisis data <i>maintenance</i> dari Februari–Juni 2023 menggunakan indikator MA, PA, dan <i>Efficiency Utility</i> .	<i>Preventive maintenance</i> tepat waktu meningkatkan PA sebesar 28 %, MA sebesar 31,7 %, dan EU sebesar 24,8 %; keterlambatan menyebabkan biaya potensi kerugian Rp 433,7 juta per unit.
3.	<i>Availability Optimization of the Mobile Crane Using Reliability Engineering Approach</i> – Rahman dkk., (2022)	<i>Downtime</i> alat berat (<i>crane</i>) tinggi, menyebabkan <i>availability</i> operasional menurun	Hitung MTBF & MTTR setiap bagian <i>crane</i> , analisis <i>reliability</i> dengan distribusi <i>Weibull</i> , bangun <i>Reliability Block Diagram</i> (RBD)	MTBF 25.520–36.873 menit, MTTR 252–348 menit; <i>availability</i> sistem meningkat dari 99,31% ke 99,38% setelah optimasi