



Analisis Perbandingan *Reliability* dua Unit Loader R1600H Pasca Preventive Maintenance 6000 Hours antara Service Contract (SC) dan Product Support Operation (PSO) Di PT XYZ.

Rangga Akbar Novrianto¹, Fuad Zainuri^{1*}, Rahmat Noval¹

Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: fuad.zainuri@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Di lakukan penelitian ini bertujuan untuk membandingkan Reliability antara Loader Underground R1600H nomor lambung 710672 yang dikerjakan oleh Product Support Operation (PSO) dengan R1600H nomor lambung 710680 yang di kerjakan oleh Service Contract (SC) selama 2000 jam sebelum PM 6000 Hours dan 1844 jam setelah PM 6000 jam. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif komparatif dengan pendekatan studi kasus menggunakan parameter Meantime Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR) dan Total Downtime. Data operating hours, jumlah failure, repair time, dan total downtime dianalisis menggunakan parameter Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), dan total downtime. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Reliability 710680 menunjukkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa unit 710680 yang dikerjakan oleh SC mengalami peningkatan MTBF dari 19,61 menjadi 24,92 jam/failure dan total downtime menurun dari 148 jam 45 menit menjadi 145 jam 15 menit. Namun, MTTR meningkat dari 01:27:30 menjadi 01:57:46. Sementara itu, unit 710672 yang dikerjakan oleh PSO mengalami penurunan MTBF dari 31,25 menjadi 30,23 jam/failure. Unit PSO menunjukkan perbaikan pada MTTR dari 00:16:43 menjadi 00:12:27 dan total downtime dari 17 jam 50 menit menjadi 12 jam 39 menit. Berdasarkan hasil tersebut, SC menunjukkan peningkatan reliability berdasarkan MTBF, sedangkan PSO menunjukkan performa lebih baik pada aspek maintainability dan downtime. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan PM 6000 jam oleh SC lebih efektif dalam meningkatkan reliability berdasarkan kenaikan MTBF, sedangkan PSO menunjukkan efektivitas lebih baik dalam aspek maintainability karena mampu menurunkan MTTR dan total downtime. Hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam evaluasi pelaksanaan preventive maintenance agar peningkatan keandalan unit tidak hanya dilihat dari jarak antar failure, tetapi juga dari efisiensi waktu perbaikan dan penurunan downtime operasional.

Kata-kata kunci: Reliability, Preventive Maintenance, PM 6000 jam, MTBF, MTTR, Total Downtime.

Abstract

This study aims to compare the reliability of two R1600H Underground Loaders: unit 710672, maintained by Product Support Operations (PSO), and unit 710680, maintained by Service Contract (SC), over observation periods of 2,000 operating hours before the 6,000-hour preventive maintenance and 1,844 operating hours after the maintenance. This study applied a quantitative comparative method with a case study approach. Operating hours, number of failures, repair time, and total downtime were analyzed using Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), and total downtime as the main parameters. The results showed that unit 710680, maintained by SC, experienced an increase in MTBF from 19.61 to 24.92 hours per failure, while its total downtime decreased from 148 hours and 45 minutes to 145 hours and 15 minutes. However, its MTTR increased from 01:27:30 to 01:57:46. Meanwhile, unit 710672, maintained by PSO, experienced a slight decrease in MTBF from 31.25 to 30.23 hours per failure. Despite this decrease, the PSO unit showed improvements in MTTR, from 00:16:43 to 00:12:27, and in total downtime, from 17 hours and 50 minutes to 12 hours and 39 minutes. Based on these results, SC showed an improvement in reliability based on the increase in MTBF, while PSO demonstrated better performance in terms of maintainability and downtime. The findings indicate that the 6,000-hour preventive maintenance performed by SC was more effective in improving reliability based on MTBF, whereas PSO showed better effectiveness in maintainability by reducing MTTR and total downtime. These results may be used as a consideration in evaluating preventive maintenance implementation, so that improvements in equipment reliability are assessed not only based on the interval between failures but also on repair-time efficiency and the reduction of operational downtime.

Keywords: Reliability, Preventive Maintenance, PM 6000, MTBF, MTTR, Total Downtime.

PENDAHULUAN

Keandalan alat berat merupakan faktor penting dalam menjaga kelancaran aktivitas operasional pertambangan, terutama pada area tambang bawah tanah yang memiliki kondisi kerja berat, ruang gerak terbatas, dan tuntutan produksi yang tinggi. Salah satu unit yang berperan penting dalam proses pemuatan dan pemindahan material pada tambang bawah tanah adalah Loader Underground. Unit ini dituntut mampu beroperasi secara stabil dalam periode kerja yang panjang karena gangguan kerusakan dapat berdampak langsung terhadap peningkatan downtime, keterlambatan produksi, serta bertambahnya biaya pemeliharaan. Reliability atau keandalan mesin menjadi indikator penting untuk menilai kemampuan unit dalam menjalankan fungsinya pada periode dan kondisi operasi tertentu (Rahman et al., 2022). Oleh karena itu, strategi maintenance yang tepat diperlukan untuk menjaga performa dan kesiapan unit selama beroperasi.

Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan terencana yang bertujuan untuk mengurangi potensi kerusakan sebelum terjadi kegagalan sistem. Zhang et al. (2021) menjelaskan bahwa preventive maintenance perlu dirancang dengan mempertimbangkan interval inspeksi dan waktu pelaksanaan yang tepat agar potensi kegagalan dapat dikendalikan. Pada alat berat, preventive maintenance umumnya dilakukan berdasarkan interval jam operasi tertentu, mulai dari interval kecil hingga interval besar seperti PM 6000 Hours atau Midlife. Pada interval tersebut, pekerjaan pemeliharaan tidak hanya mencakup inspeksi rutin, tetapi juga

pemeriksaan menyeluruh, penggantian komponen, perbaikan temuan, serta pengujian unit sebelum kembali dioperasikan. Idris dan Saad (2020) menyatakan bahwa strategi midlife maintenance diperlukan untuk mempertahankan performa dan keandalan peralatan pada fase pertengahan umur pakai.

Evaluasi hasil preventive maintenance tidak cukup hanya dilihat dari selesainya pekerjaan sesuai jadwal, tetapi juga perlu dianalisis berdasarkan performa unit setelah kembali beroperasi. Parameter Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), dan total downtime dapat digunakan untuk menggambarkan reliability dan maintainability unit. MTBF menunjukkan rata-rata waktu operasi antar kegagalan, MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan, sedangkan total downtime menunjukkan akumulasi waktu unit tidak dapat beroperasi akibat kerusakan atau proses perbaikan. Rahman et al. (2022) menunjukkan bahwa indikator reliability dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pemeliharaan, sedangkan Moemenishahraki (2025) menekankan bahwa MTBF merupakan parameter penting dalam menilai keandalan sistem mekanik. Selain itu, Habeahan et al. (2025) menggunakan MTBF dan MTTR untuk mengevaluasi efektivitas preventive maintenance terhadap kinerja operasional unit.

Beberapa penelitian terkait pemeliharaan juga menunjukkan bahwa data aktual lapangan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi performa peralatan. Pangestu, Purnama, dan Zainuri (2024) dalam penelitian mengenai efisiensi penggunaan oil bath pada sistem air cleaner unit Wheel Loader Liugong 870 menunjukkan bahwa data observasi, pengukuran, dan laporan maintenance dapat digunakan untuk menilai efektivitas sistem pemeliharaan pada alat berat. Sejalan dengan itu, Hartman, Kamal, dan Zainuri (2025) menjelaskan bahwa penerapan perawatan berbasis kondisi pada sistem air conditioning tipe split dapat meningkatkan efisiensi perawatan karena tindakan pemeliharaan dilakukan berdasarkan kondisi aktual komponen. Kedua penelitian tersebut relevan dengan penelitian ini karena menegaskan bahwa evaluasi maintenance tidak hanya bergantung pada jadwal pekerjaan, tetapi juga pada data kondisi aktual, catatan pemeliharaan, dan hasil performa peralatan setelah dilakukan perawatan.

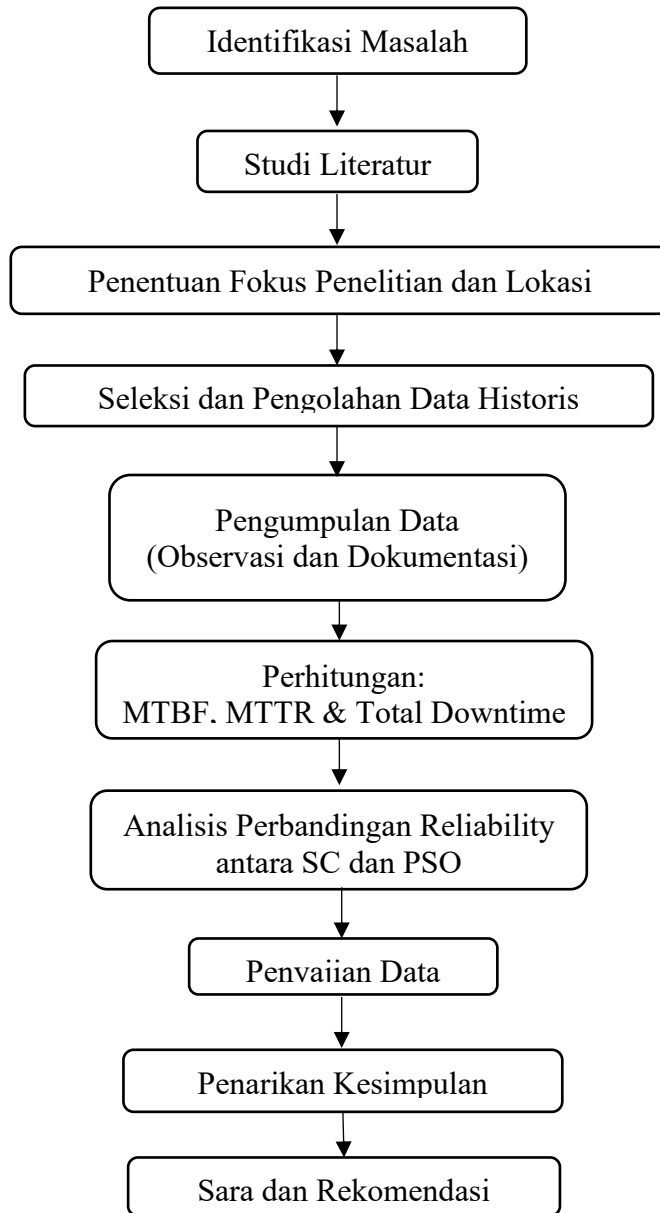
Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah membahas reliability, preventive maintenance, MTBF, MTTR, dan downtime, sebagian besar kajian masih berfokus pada evaluasi performa peralatan secara umum. Penelitian yang secara khusus membandingkan hasil reliability unit alat berat setelah pelaksanaan PM Midlife berdasarkan pihak pelaksana pekerjaan yang berbeda masih relatif terbatas. Padahal, perbedaan pelaksana maintenance dapat memengaruhi kualitas inspeksi, ketelitian pekerjaan, tindak lanjut temuan, kecepatan perbaikan, serta kondisi unit setelah kembali beroperasi. Dalam konteks operasional tambang bawah tanah, perbedaan tersebut penting dikaji karena dapat berdampak terhadap frekuensi failure, waktu perbaikan, dan total downtime unit.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut, penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kondisi unit sebelum dan setelah PM Midlife. Data yang digunakan berasal dari PT XYZ, yaitu operating hours, jumlah failure, waktu perbaikan, dan total downtime pada unit Loader R1600H 710680 yang dikerjakan oleh Service Contract (SC) dan unit 710672 yang dikerjakan oleh Product Support Operation (PSO). Data tersebut kemudian dihitung menggunakan parameter MTBF, MTTR, dan total downtime untuk melihat perubahan reliability masing-masing unit serta mengetahui bagian yang masih perlu dievaluasi setelah pelaksanaan preventive maintenance.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan reliability unit Loader Underground R1600H setelah pelaksanaan PM Midlife antara unit yang

dikerjakan oleh SC dan PSO menggunakan parameter MTBF, MTTR, dan total downtime. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi perusahaan dalam meningkatkan kualitas pelaksanaan preventive maintenance, memperkuat proses inspeksi dan quality control, serta menekan potensi downtime operasional setelah unit kembali digunakan.

Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif komparatif dengan pendekatan studi kasus untuk membandingkan reliability unit R1600H yang dikerjakan oleh SC dan PSO. Alur

penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, mulai dari identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data, perhitungan, analisis, hingga penarikan kesimpulan dan rekomendasi.

Data yang digunakan meliputi operating hours, jumlah failure, repair time, dan downtime. Analisis dilakukan menggunakan rumus $MTBF = \frac{\text{Total Operating Hours}}{\text{Total Failure}}$, $MTTR = \frac{\text{Total Repair Time}}{\text{Total Failure}}$, dan $\text{Total Downtime} = \sum \text{Downtime}$, kemudian hasilnya dibandingkan antara SC dan PSO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Analisis reliability dilakukan terhadap dua unit Loader R1600H, yaitu unit 710680 yang dikerjakan oleh Section Service Contract (SC) dan unit 710672 yang dikerjakan oleh Section Product Support Operation (PSO). Parameter yang digunakan dalam analisis meliputi Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), dan total downtime sebelum serta setelah pelaksanaan Preventive Maintenance 6000 Hours. Hasil perhitungan reliability ditunjukkan pada Tabel 1.

Table Error! Use the Home tab to apply 0 to the text that you want to appear here. Hasil Perhitungan Reliability

Kategori	MTBF (jam/failure)	MTTR (jam/failure)	Total Downtime (jam)	MTTR (jam)	Total Downtime
710680 SC - Sebelum PM	19,61	1,46	148,75	01:27:30	148:45
710680 SC - Setelah PM	24,92	1,96	145,25	01:57:46	145:15
710672 PSO - Sebelum PM	31,25	0,28	17,83	00:16:43	17:50
710672 PSO - Setelah PM	30,23	0,21	12,65	00:12:27	12:39

Berdasarkan Tabel 1, unit 710680 yang dikerjakan oleh SC mengalami peningkatan MTBF dari 19,61 jam/failure menjadi 24,92 jam/failure setelah PM 6000 Hours. Hal ini menunjukkan bahwa jarak rata-rata antar kegagalan menjadi lebih panjang setelah pelaksanaan preventive maintenance. Namun, MTTR unit 710680 meningkat dari 01:27:30 menjadi 01:57:46, yang menunjukkan bahwa rata-rata waktu perbaikan menjadi lebih lama. Sementara itu, total downtime unit 710680 mengalami penurunan dari 148 jam 45 menit menjadi 145 jam 15 menit.

Pada unit 710672 yang dikerjakan oleh PSO, nilai MTBF mengalami penurunan tipis dari 31,25 jam/failure menjadi 30,23 jam/failure. Penurunan ini menunjukkan bahwa jarak rata-rata antar kegagalan sedikit lebih pendek setelah pelaksanaan PM 6000 Hours. Meskipun demikian, MTTR mengalami penurunan dari 00:16:43 menjadi 00:12:27, sehingga waktu rata-rata perbaikan menjadi lebih cepat. Total downtime juga mengalami penurunan dari 17 jam 50 menit menjadi 12 jam 39 menit.

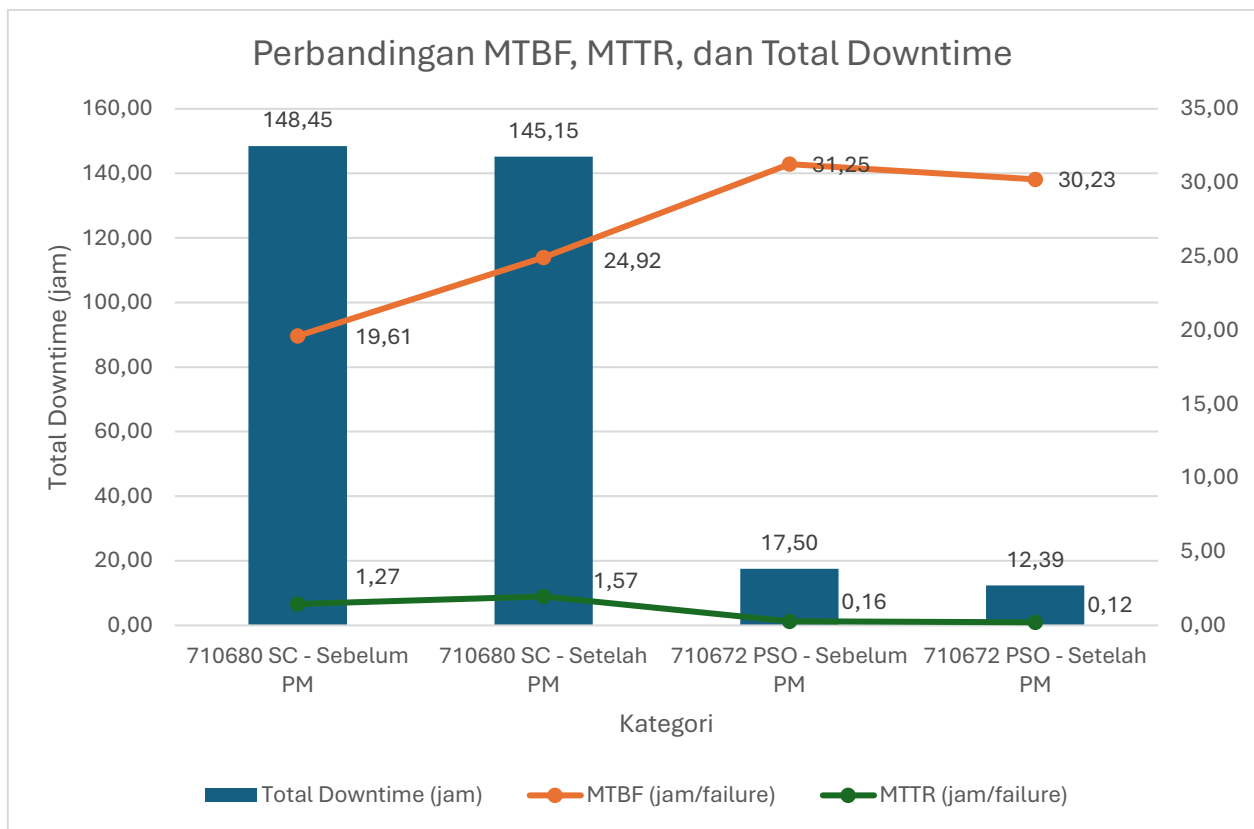
Perubahan setiap parameter sebelum dan setelah PM 6000 Hours diringkas pada Tabel 2.

Table 2. Perubahan setiap parametersebelum dan setelah PM

Unit	MTBF	MTTR	Downtime
710680 SC	Naik 19,61 → 24,92	Naik 01:27:30 → 01:57:46	Turun 148:45 → 145:15
710672 PSO	Turun 31,25 → 30,23	Turun 00:16:43 → 00:12:27	Turun 17:50 → 12:39

Visualisasi perbandingan parameter reliability ditampilkan pada Grafik 1. Grafik tersebut digunakan untuk memudahkan pembacaan perbedaan nilai MTBF, MTTR, dan total downtime pada masing-masing unit sebelum dan setelah pelaksanaan PM. Perlu diperhatikan bahwa pada parameter MTBF, nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi reliability yang lebih baik, sedangkan pada parameter MTTR dan total downtime, nilai yang lebih rendah menunjukkan kondisi yang lebih baik.

Grafik 1. Perbandingan hasil MTBF, MTTR, dan Total Downtime



Grafik 1 menunjukkan perbandingan nilai MTBF, MTTR, dan total downtime pada unit 710680 SC dan 710672 PSO sebelum serta setelah pelaksanaan PM 6000 Hours. Pada unit 710680 SC, total downtime menurun dari 148 jam 45 menit menjadi 145 jam 15 menit, sedangkan MTBF meningkat dari 19,61 jam/failure menjadi 24,92 jam/failure, yang

menunjukkan bahwa jarak rata-rata antar kegagalan menjadi lebih panjang setelah PM; namun MTTR meningkat dari 01:27:30 menjadi 01:57:46, sehingga waktu rata-rata perbaikan menjadi lebih lama. Pada unit 710672 PSO, total downtime menurun dari 17 jam 50 menit menjadi 12 jam 39 menit, dan MTTR juga menurun dari 00:16:43 menjadi 00:12:27, yang menunjukkan proses perbaikan menjadi lebih cepat setelah PM; meskipun demikian, MTBF mengalami penurunan tipis dari 31,25 jam/failure menjadi 30,23 jam/failure. Secara umum, unit 710680 SC menunjukkan perbaikan pada aspek MTBF dan downtime, tetapi masih perlu evaluasi pada aspek MTTR, sedangkan unit 710672 PSO menunjukkan hasil lebih baik pada aspek MTTR dan total downtime, tetapi belum menunjukkan peningkatan pada aspek MTBF.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan PM 6000 Hours memberikan dampak yang berbeda terhadap kedua unit. Pada unit 710680 SC, peningkatan MTBF dari 19,61 jam/failure menjadi 24,92 jam/failure menunjukkan adanya perbaikan dari sisi frekuensi kegagalan. Artinya, setelah dilakukan PM 6000 Hours, unit mampu beroperasi lebih lama sebelum mengalami kegagalan berikutnya. Penurunan total downtime dari 148 jam 45 menit menjadi 145 jam 15 menit juga menunjukkan adanya perbaikan, meskipun penurunannya tidak terlalu besar.

Namun, peningkatan MTTR pada unit 710680 SC dari 01:27:30 menjadi 01:57:46 menunjukkan bahwa waktu rata-rata perbaikan menjadi lebih lama setelah PM. Kondisi ini dapat mengindikasikan bahwa failure yang terjadi setelah PM memiliki tingkat kesulitan perbaikan yang lebih tinggi, membutuhkan waktu troubleshooting lebih panjang, atau melibatkan pekerjaan perbaikan yang lebih kompleks. Dengan demikian, meskipun frekuensi kegagalan menurun, efektivitas waktu perbaikan pada unit 710680 masih perlu dievaluasi.

Pada unit 710672 PSO, nilai MTBF mengalami penurunan tipis dari 31,25 jam/failure menjadi 30,23 jam/failure. Penurunan ini menunjukkan bahwa dari sisi jarak antar kegagalan, reliability unit belum mengalami peningkatan setelah PM 6000 Hours. Namun, penurunan MTTR dari 00:16:43 menjadi 00:12:27 menunjukkan bahwa proses perbaikan menjadi lebih cepat. Selain itu, total downtime juga menurun dari 17 jam 50 menit menjadi 12 jam 39 menit, sehingga dari sisi waktu perbaikan dan waktu unit tidak beroperasi, unit 710672 PSO menunjukkan hasil yang lebih baik.

Jika dibandingkan antara kedua section, SC menunjukkan perbaikan pada aspek MTBF karena jarak antar kegagalan meningkat setelah PM. Sementara itu, PSO menunjukkan hasil lebih baik pada aspek MTTR dan total downtime karena kedua parameter tersebut mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian reliability tidak dapat hanya dilihat dari satu parameter. MTBF menunjukkan frekuensi kegagalan, MTTR menunjukkan kecepatan perbaikan, sedangkan downtime menunjukkan total waktu unit tidak dapat beroperasi.

Secara keseluruhan, unit 710680 SC menunjukkan peningkatan reliability dari sisi penurunan frekuensi kegagalan, tetapi masih memiliki kelemahan pada aspek durasi perbaikan dan total downtime yang relatif tinggi. Sebaliknya, unit 710672 PSO memiliki MTTR dan downtime yang lebih rendah, tetapi MTBF mengalami penurunan tipis setelah PM. Oleh karena itu, evaluasi pasca PM 6000 Hours perlu difokuskan pada peningkatan kualitas inspeksi, analisis jenis failure yang muncul setelah PM, penguatan quality control, serta monitoring unit pada periode awal operasi setelah preventive maintenance selesai dilakukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis MTBF, MTTR, dan total downtime, pelaksanaan PM 6000 Hours memberikan dampak yang berbeda terhadap reliability kedua unit Loader R1600H. Unit 710680 SC menunjukkan perbaikan pada aspek MTBF yang meningkat dari 19,61 menjadi 24,92 jam/failure serta total downtime yang menurun dari 148 jam 45 menit menjadi 145 jam 15 menit, namun MTTR meningkat dari 01:27:30 menjadi 01:57:46, sehingga waktu perbaikan rata-rata menjadi lebih lama. Sementara itu, unit 710672 PSO mengalami penurunan tipis MTBF dari 31,25 menjadi 30,23 jam/failure, tetapi menunjukkan perbaikan pada aspek MTTR yang menurun dari 00:16:43 menjadi 00:12:27 dan total downtime yang menurun dari 17 jam 50 menit menjadi 12 jam 39 menit. Dengan demikian, SC lebih baik pada aspek peningkatan jarak antar kegagalan, sedangkan PSO lebih baik pada aspek kecepatan perbaikan dan penurunan downtime, sehingga evaluasi reliability pasca PM 6000 Hours perlu dilihat secara menyeluruh melalui ketiga parameter tersebut.

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi bagi perusahaan dalam menilai efektivitas pelaksanaan PM 6000 Hours berdasarkan kinerja reliability unit setelah kembali beroperasi. Dengan membandingkan hasil antara SC dan PSO, perusahaan dapat mengidentifikasi aspek yang perlu diperbaiki, seperti peningkatan kualitas inspeksi, penguatan quality control, percepatan proses perbaikan, serta monitoring unit pasca PM agar frekuensi kegagalan dan downtime operasional dapat ditekan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT XYZ yang telah memberikan kesempatan serta dukungan dalam penyediaan data dan informasi yang dibutuhkan selama penelitian berlangsung. Penghargaan juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas arahan, koreksi, dan masukan yang membantu dalam penyusunan penelitian hingga artikel ini dapat diselesaikan. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Bengkel Alat Berat, dan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta atas dukungan akademik serta fasilitas yang diberikan selama proses penelitian. Penulis juga berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian artikel ini.

REFERENSI

- Habeahan, B., Gea, H. V., & Margana, R. R. (2025). Analisis efektifitas penerapan preventive maintenance menggunakan Mean Time Between Failures dan Mean Time to Repair terhadap kinerja operasional forklift di PT XYZ. *Jurnal Logic: Logistics & Supply Chain Center*, 4(2), 61–66.
- Hartman, B., Kamal, D. M., & Zainuri, F. (2025). Optimasi efisiensi perawatan air conditioning tipe split dengan penerapan pembersih filter otomatis berbasis condition-base maintenance. *Infotekmesin*, 16(1), 99–106.
- Idris, M. F. M., & Saad, N. H. (2020). Mid-life refurbishment maintenance strategy to sustain performance and reliability of train system. *Applied Mechanics and Materials*, 899, 238–252.

- Moemenishahraki, P. (2025). Reliability and maintenance performance analysis of a 1600-ton press machine using MTBF, MTTR, KPI, and downtime indicators. *Industrial Engineering*, 9(2), 36–41.
- Pangestu, A., Purnama, D., & Zainuri, F. (2024, December). Analisa perbandingan efisiensi penggunaan oil bath pada sistem air cleaner unit Wheel Loader Liugong 870 di Indonesia Weda Bay Industrial Park. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin* (No. 1, pp. 618–625).
- Rahman, F., Sugiono, Sonief Achmad, & Novareza Oyong. (2022). Optimization maintenance performance level through collaboration of overall equipment effectiveness and machine reliability. *Journal of Applied Engineering Science*, 20(3), 917–936.
- Zhang, F., Shen, J., Liao, H., & Ma, Y. (2021). Optimal preventive maintenance policy for a system subject to two-phase imperfect inspections. *Reliability Engineering & System Safety*, 205, 107254.