

5 Ton Forklift Machine Design with Maintenance Planning Analysis Using PM, CM, Prec.m, RCM Methods

[Desain Mesin Forklift 5 Ton Dengan Analisis Perencanaan Perawatan Menggunakan Metode PM, CM, Prec.m, Rcm]

Muhammad Gilang Rahmad Arifiansyah¹⁾, Prantasi Harmi Tjahjanti²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: prantasiharmi@umsida.ac.id

Abstract. *Industrial development requires the use of efficient lifting and transportation equipment, one of which is the forklift. This study aims to design a 5-ton capacity forklift and analyze machine maintenance planning using several maintenance methods, namely preventive maintenance (PM), corrective maintenance (CM), predictive maintenance (Prec.M), and reliability centered maintenance (RCM). The forklift design process was carried out using SolidWorks software to produce the design of the main components such as the fork, frame, and wheel system that are capable of supporting loads up to 5 tons and meeting operational requirements in industrial environments.*

Keywords – 5-ton forklift design; maintenance method analysis; forklift fork analysis

Abstrak. Perkembangan industri menuntut penggunaan alat angkat dan angkut yang efisien, salah satunya adalah forklift. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain forklift berkapasitas 5 ton serta menganalisis perencanaan perawatan mesin menggunakan beberapa metode perawatan yaitu preventive maintenance (PM), corrective maintenance (CM), predictive maintenance (Prec.m), dan reliability centered maintenance (RCM). Proses perancangan forklift dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk menghasilkan desain komponen utama seperti fork, rangka, dan sistem roda yang mampu menahan beban hingga 5 ton serta sesuai dengan kebutuhan operasional di lingkungan industri.

Kata Kunci – Desain *Forklift* 5 ton; Analisis metode perawatan; Analisis garpu *forklift*

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri yang terus berkembang, layanan penyewaan alat berat kini menjadi kebutuhan utama dalam menjalankan bisnis. Alat berat berperan penting dalam menunjang kelancaran operasional, sehingga mendorong semakin ketatnya persaingan di bidang penyewaan alat berat [1]. Seiring waktu, tingginya permintaan dari masyarakat terutama para kontraktor yang menggunakan alat berat dalam kegiatan usaha mereka, membuat bisnis ini terus mengalami pertumbuhan yang signifikan.

Salah satu alat berat yang sering disewakan adalah *Forklift* merupakan alat berat yang digunakan untuk memindahkan barang dengan berat tertentu dari tempat asal ke tempat yang dituju (Gambar 1) [2]. *Forklift* dilengkapi dengan dua garpu di bagian depan, berfungsi untuk mengangkat material berat seperti plat besi, pipa, atau barang lain yang tidak dapat dipindahkan secara manual. *Forklift* berperan sebagai alat bantu angkut yang mendukung produktivitas, terutama di lingkungan perusahaan atau pergudangan. Alat ini banyak diproduksi oleh perusahaan otomotif dengan beragam merek dan tipe, sesuai dengan spesifikasi dari produsen dan perakitnya [3].

Komponen yang kerap mengalami kerusakan dan perlu diganti pada *forklift* adalah sistem transmisi dan pengereman. Ketika terjadi masalah pada kedua sistem ini, *forklift* akan mengalami waktu henti (*breakdown time*) dan memerlukan perbaikan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan kembali. Kondisi ini tentu menimbulkan kerugian karena *forklift* tidak dapat dipakai dan perawatan *forklift* baru dilakukan setelah alat tersebut mengalami kerusakan parah dan tidak dapat dioperasikan lagi.

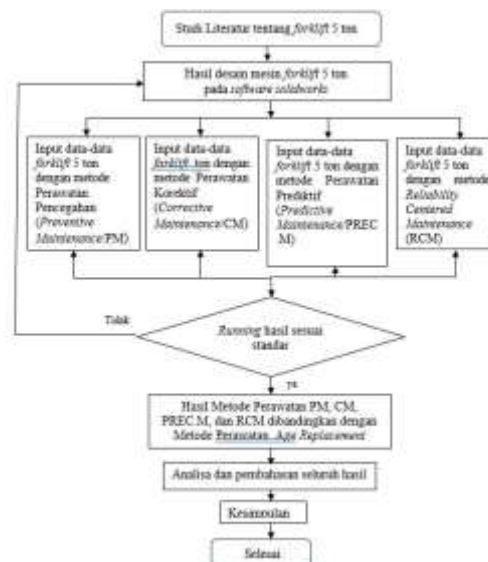
Pada alat berat *forklift* perawatan yang menggunakan metode *Age Replacement* (AR) yaitu menawarkan penggantian komponen berdasarkan usia pemakaian tertentu dengan tujuan untuk mencegah penggantian komponen yang masih baru dan belum optimal digunakan [4]. Jika terjadi kerusakan sebelum usia yang ditentukan, maka penggantian berikutnya dilakukan saat komponen mencapai usia optimal, dihitung sejak penggantian terakhir, sehingga dengan cara ini, penggunaan komponen menjadi lebih efisien dan menghindari penggantian yang tidak diperlukan [5]. Namun demikian Metode AR pada perawatan forklift memiliki beberapa kekurangan, antara lain (I) biaya awal yang tinggi karena metode ini mengharuskan penggantian komponen secara rutin berdasarkan usia, terlepas dari kondisi sebenarnya.

Hal ini dapat menyebabkan pemborosan karena komponen yang masih berfungsi baik mungkin diganti terlalu dini, (2) Berpotensi mengganti komponen yang masih berfungsi, artinya jika interval penggantian terlalu sering, komponen yang masih dalam kondisi baik akan diganti, yang sebenarnya tidak diperlukan, (3) Tidak efektif untuk komponen yang rawan rusak, bila ada komponen tertentu yang lebih rawan rusak, metode ini mungkin tidak efektif karena penggantian dilakukan berdasarkan waktu, bukan berdasarkan kondisi komponen yang sebenarnya [6]. Tidak memperhitungkan kondisi operasional. Metode ini tidak memperhitungkan kondisi operasional *forklift* yang berbeda-beda. *Forklift* yang digunakan dalam kondisi berat mungkin memerlukan penggantian komponen lebih sering daripada *forklift* yang digunakan dalam kondisi ringan [7].

II. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2025, dengan melakukan observasi langsung pada proyek di lapangan juga melakukan interview dan tanya jawab dengan pihak perusahaan terkait. Secara lengkapnya, metodologi penelitian ini juga digambarkan dalam bentuk *flowchart* diagram alir.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Desain *Forklift*

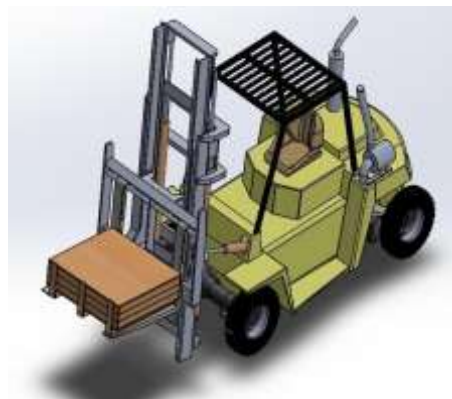
Ketika mendesain sebuah mesin atau produk yang terdiri atas berbagai macam part, kita akan membutuhkan *Assembly* sebagai tema untuk merakit. Di dalam *Assembly*, kita dapat melakukan berbagai macam pekerjaan, seperti melakukan modifikasi *Part*, simulasi fungsi alat, sampai berbagai macam analisis lainnya. Dengan demikian, pekerjaan kita dalam mendesain akan lebih mudah. Desain forklift 5 ton dengan modifikasi bagian fork yang mampu mengangkat beban berlebih dari forklift biasanya.



Gambar 2. Desain mesin *forklift* 5 ton

3.2 Hasil analisis fork

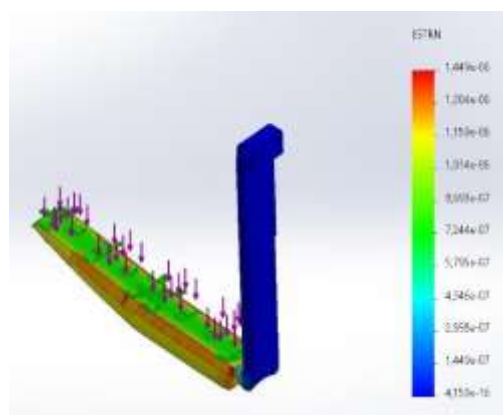
Hasil dari percobaan dan pengujian fork dengan material sama dan ukuran fork yang berbeda. Ditampilkan dengan gambar forklift yang sedang mengangkat beban dan di analisis menggunakan perangkat *solidworks*. Dengan hasil analisis ini kita dapat mengetahui hasil keandalan dan keunggulan dari modifikasi forklift 5 ton.



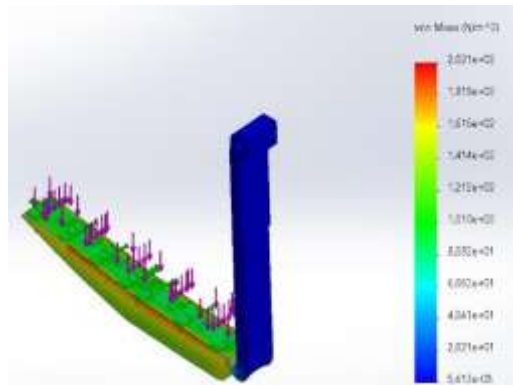
Gambar 3. Mesin *forklift* mengangkat beban

3.3 Hasil analisis perbandingan garpu 5 ton dan 2,5 ton

Hasil analisis garpu fork pada forklift (strain analysis) yang dibuat menggunakan flow simulation di *solidworks*. Garpu forklift menggunakan material baja dan diberikan beban sebesar 5 ton = 49.050 N, dengan nilai tegangan maksimum sekitar $4,041 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = (0,404 \text{ Mpa})$. Perbedaan hasil dengan 2,5 ton = 24,525, ditunjukkan dengan gambar 3.4.



Gambar 4. Analisis strain garpu 5 ton



Gambar 5. Analisis strain garpu 2,5 ton

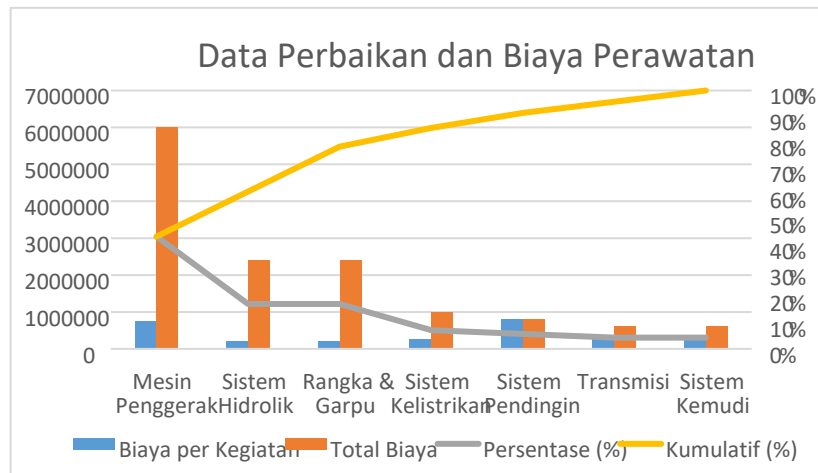
3.4 Daftar Komponen dan Total Biaya

Perhitungan awal dimulai dari data perbaikan dan perawatan terjadwal forklift dari jangka 1 tahun. Berikut ialah tabel bagian-bagian *forklift* dengan perawatan dan jumlah biaya yang diperlukan.

Tabel 1. Data bagian perawatan dan total biaya perawatan

No	Bagian Forklift	Jenis Perawatan	Frekuensi/Tahun	Biaya per Kegiatan/produksi (Rp)	Total Biaya Tahunan (Rp)
1	Mesin Penggerak	Ganti oli mesin & filter	8 kali	750.000	6.000.000
2	Sistem Hidrolik	Pemeriksaan selang & seal	12 kali	200.000	2.400.000
3	Transmisi	Pemeriksaan kopling	2 kali	300.000	600.000
4	Sistem Kemudi	Pemeriksaan steering & tie rod	2 kali	300.000	600.000
5	Sistem Kelistrikan	Pemeriksaan aki & kabel	4 kali	250.000	1.000.000
6	Sistem Pendingin	Flush radiator & coolant	1 kali	800.000	800.000
7	Rangka & Garpu	Inspeksi retak & pelumasan	12 kali	200.000	2.400.000

Untuk mengetahui komponen yang paling berpengaruh terhadap total biaya perawatan, data pada Tabel 3.5 kemudian dianalisis menggunakan diagram Pareto seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Diagram Pareto memperlihatkan bahwa sebagian besar biaya perawatan terkonsentrasi pada beberapa komponen utama saja. Mesin penggerak menempati posisi dominan sebagai penyumbang biaya terbesar, diikuti oleh sistem hidrolik serta rangka dan garpu.



Gambar 6. Diagram Pareto Data Perbaikan dan Biaya Perawatan

Hasil analisis Pareto ini menunjukkan bahwa fokus perencanaan perawatan sebaiknya diarahkan pada komponen-komponen dengan kontribusi biaya tertinggi. Dengan memprioritaskan perawatan pada bagian tersebut, diharapkan dapat menekan biaya total perawatan serta meningkatkan keandalan dan umur pakai forklift secara keseluruhan [8].

3.5 Hitung Biaya Downtime

Perhitungan total minimum downtime dalam rumus perhitungan ini digunakan untuk menghitung penggantian yang optimal berdasarkan interval waktu (t_p) diantara penggantian preventive dengan menggunakan kriteria meminimumkan downtime per unit waktu [9]. Berikut ini rumus untuk menghitung total downtime per unit pada persamaan (2.3), yaitu:

$$D(t_p) = \frac{H(t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- H (t_p) = Jumlah kegagalan dalam interval waktu (0, t_p), merupakan nilai harapan (expected value).
- T_f = Waktu yang dibutuhkan untuk penggantian komponen sebab kerusakan.
- T_p = Waktu yang dibutuhkan untuk penggantian komponen sebab tindakan preventif (komponen belum rusak).
- $t_p + T_p$ = Panjang satu siklus.

Tabel 2. Data menghitung untuk menghitung downtime

No	Keterangan	Nilai
1	Upah mekanik	Rp150.000/jam

2	Waktu perbaikan akibat kerusakan (T_f)	1 jam
3	Biaya tenaga kerja per kejadian	Rp150.000
4	Biaya suku cadang per kejadian	Rp300.000
5	Total biaya perbaikan per kejadian (C_r)	Rp450.000
6	Frekuensi kerusakan per tahun	12 kali
7	Total biaya perbaikan per tahun	Rp5.400.000
8	Interval waktu operasi sebelum perawatan preventif (t_p)	100 jam
9	Waktu perawatan preventif (T_p)	0,5 jam
10	Jumlah kegagalan yang diharapkan dalam interval (0, t_p) ($H(t_p)$)	1 kali

Penyelesaian

Hitung total downtime akibat kerusakan :

$$H(t_p) \times T_f = 1 \times 1 = 1 \text{ jam}$$

Tambahkan downtime akibat perawatan preventive :

$$1 + 0,5 = 1,5 \text{ jam}$$

Hitung Panjang satu siklus perawatan :

$$t_p + T_p = 100 + 0,5 = 100,5 \text{ jam}$$

Hitung nilai downtime rata-rata :

$$D(t_p) = \frac{1,5}{100,5}$$

Hasil perhitungan :

$$D(t_p) = 0,0149 = 1,49 \%$$

Penentuan biaya perawatan optimal dilakukan dengan mengidentifikasi biaya perawatan yang relevan, yaitu biaya perawatan pencegahan dan biaya akibat kerusakan. Selanjutnya, total biaya perawatan dihitung berdasarkan komponen biaya tersebut sebagai berikut [10]:

1. Gaji teknisi

Yaitu Rp. 4.500.000,- per bulan kemudian di konversikan dalam biaya perjam yaitu sebesar =

Rp. 4.500.000

240 Jam

= RP. 18.750.00

2. Kerugian akibat *downtime* yaitu kehilangan pendapatan keuntungan karena terhentinya produksi.

Jika dalam satu hari dapat memindahkan 42 ton keuntungan dari memindahkan barang adalah 400/kg keuntungan yang hilang akibat perbaikan Rp.13.500.00-/hari atau 8 jam kerja perjam Rp.1.350.00

Kesimpulan dari perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus **downtime rata-rata** $D(tp)D(tp)D(tp)$, diperoleh nilai sebesar **0,0149 atau 1,49%**. Nilai ini menunjukkan bahwa dari total siklus operasi selama **100,5 jam**, waktu yang hilang akibat **kerusakan dan kegiatan perawatan preventive** hanya sekitar **1,49%** dari total waktu operasi. Hal ini menandakan bahwa penerapan **perawatan preventive** pada interval **100 jam** cukup efektif karena mampu menjaga tingkat downtime tetap rendah. Dengan demikian, mesin atau forklift dapat beroperasi lebih optimal serta meminimalkan gangguan selama proses kerja.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil desain forklift berkapasitas 5 ton, telah dilakukan modifikasi pada komponen fork dan ban dengan tujuan meningkatkan kinerja, stabilitas, dan keselamatan kerja. Modifikasi fork difokuskan pada penyesuaian dimensi dan kekuatan struktur agar mampu menahan beban maksimum 5 ton secara aman tanpa mengalami deformasi. Desain fork yang baru memberikan distribusi beban yang lebih merata sehingga mengurangi risiko konsentrasi tegangan pada satu titik.

Secara keseluruhan, hasil desain menunjukkan bahwa modifikasi fork dan ban pada forklift 5 ton memberikan peningkatan performa operasional dan faktor keselamatan. Desain ini diharapkan dapat mendukung aktivitas material handling secara lebih efektif serta mengurangi potensi kerusakan komponen dan kecelakaan kerja.

Pada perhitungan setiap metode data didapat dari observasi langsung dan ada beberapa metode yang tidak ada rumus dan hanya dapat diteliti dengan analisis secara langsung dan dari sumber jurnal juga artikel, serta dari beberapa metode dicantumkan metode perbandingan Age Replacement untuk membandingkan seberapa efektif metode perawatan untuk keandalan mesin forklift.

Desain mesin forklift kapasitas 5 ton dibuat menggunakan SolidWorks secara detail dengan seluruh komponen (full part) yang telah dirakit dalam bentuk assembly. Hasil perancangan menunjukkan adanya modifikasi pada bagian fork (garpu) dan roda sehingga forklift mampu beroperasi pada medan khusus. Selain itu, dikembangkan beberapa metode perawatan untuk menghitung dan mengoptimalkan biaya perawatan mesin forklift. Penerapan metode tersebut menghasilkan pengurangan total downtime, peningkatan umur pakai komponen, serta peningkatan keselamatan dan keandalan operasional.

Dalam analisis perawatan, digunakan metode perbandingan berupa Age Replacement untuk menentukan metode yang paling efektif. Mesin forklift yang beroperasi juga harus menjalani pengecekan rutin oleh operator maupun teknisi guna mengetahui kondisi keandalan dan meminimalkan potensi kerusakan saat digunakan. Untuk mendukung strategi perbaikan serta memahami dampak dari berbagai faktor kerusakan, diperlukan pelatihan bagi operator, kedisiplinan dalam monitoring dan pelaksanaan jadwal perawatan, serta sosialisasi antara operator dan teknisi perawatan agar setiap gangguan pada mesin dapat segera diidentifikasi dan ditangani dengan tepat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang sudah berkontribusi dengan susah payah menyusun artikel ini. Tidak lupa ucapan terimakasih kepada bu dosen yang sudah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penulisan. Tidak lupa, saya Gilang Rahmad selaku penulis artikel ini mengaku sangat bangga dengan hasil karya sendiri. Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alhadi, Gustama P, Din Aswan, and Amran Ritonga, "Penentuan Interval Waktu Maintenance Forklift terhadap Komponen Kritis Berdasarkan Data Kerusakan Mesin Menggunakan Metode Preventive Age Replacement," *JITEKHA*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.35447/jitekh.v9i1.317.
- [2] Kastalani, M., Mochammad Basjir, Cepi Yazirin, and Nur Robbi, "Analysis Keandalan untuk Meningkatkan Efektivitas Penggunaan Forklift dengan Metode Reliability Analysis dan Machine's Effectiveness," *Journal of Research and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 233–246, 2023, doi: 10.55732/jrt.v9i2.873.
- [3] Sodikin, Imam, Cyrilla Indri Parwati, Fiqih Fayzi, and Masrul Indrayana, "Penjadwalan Perawatan Mesin dengan Metode Preventive Maintenance & Predictive Maintenance," *Jurnal Tekstil (JUTE)*, vol. 7, no. 1, pp. 37–46, 2024, doi: 10.59432/jute.v7i1.88.
- [4] Rosyid, Muh Abdul, and Masrul Indrayana, "Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Filling Bag Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT . SHGM," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI)*, vol. 1, pp. 294–303, 2023.
- [5] Rusli, Amir, and Niko Marbun, "Identifikasi Kerusakan Dan Program Perawatan Engine Diesel pada Forklift Toyota Tipe 8FD30," *Zona Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 8–10, 2020, doi: 10.37776/zm.v10i3.1435.
- [6] Puteri, Meysa Atika, Harianto, Threvaldo Joan Saputra, Musdalifah Akbar Simanjuntak, Edwin Randalangi, Athira Salsabila, and Andi Hamril Vikri Al Farisi, "Analisis Keselamatan Kerja Pada Sistem Pengoperasian Forklift Dan Crane Guna Mencegah Kecelakaan Kerja Analisis Keselamatan Kerja Pada Sistem Pengoperasian Forklift Dan Crane Guna Mencegah Kecelakaan Kerja Analisis Keselamatan Kerja Pada Sistem Pengoperasia," *Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, vol. 3, no. 1, pp. 32–37, 2022, doi: 10.62012/zt.v3i1.20551.
- [7] Setiawan, Agus, Hasyrani Windyatri, and Suhendra, "Penerapan Preventive Maintenance Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Untuk Meminimasi Downtime Mesin CNC Di PT MTAT," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 12, no. 2, pp. 89–94, 2024, doi: 10.52333/destek.v12i2.710.
- [8] Nugroho, Wahyu, and Tedjo Sukmono, "Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Aktivitas Perawatan Mesin Produksi Industri Packaging," *journal anti publisher*, vol. 1, no. 1, pp. 51–68, 2024, doi: 10.33330/ipteks.v1i1.1.
- [9] Suryani, Faizah, Siti Ayu Syarifah, and Azhari, "Analisis Preventive Maintenance Komponen Mesin Pulp Dengan Metode Age Replacement," *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, vol. 7, no. 1, pp. 115–125, 2023, doi: 10.31289/jime.v7i1.9498.
- [10] Asshiddiqie, Muhammad Difa, and Ratna Purwaningsih, "Analisis Efektivitas Kinerja Mesin Forklift TCM Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness dan Six Big Losses untuk Meningkatkan Efektivitas Pengudangan pada Proses Bongkar Muat (PT. Krakatau Argo Logistics)," vol. 14, 2025.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.