

Analysis of the efficiency of production mobility between the use of diesel and electric forklifts at PT Ima Montaz Sejahtera

Richard Imam Sufi, Saifuddin*, Ariefin

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Banda Aceh-Medan Km.280 Buket Rata

*Corresponding author: saifuddin@pnl.ac.id

Article Processing Dates:

Received 2025-03-19

Accepted 2025-03-29

Available online 2025-03-31

Keywords:

Mobility Efficiency

Diesel Forklift

Electric Forklift

Operational Cost

Exhaust Emission

Abstract

This study aims to analyze the efficiency of mobility in the distribution of production results by comparing the use of diesel forklifts and electric forklifts. Efficient mobility in the distribution process is an important factor to increase productivity and reduce operational costs. This study uses a quantitative method with a case study approach in a manufacturing company that utilizes both types of forklifts in its operational activities. The parameters analyzed include fuel or energy costs, operational time, load capacity, exhaust emissions, and maintenance and care costs. The results of the study show that electric forklifts have advantages in terms of lower energy costs and reduced exhaust emissions, but with the limitation of shorter operational time compared to diesel forklifts. Meanwhile, diesel forklifts have advantages in terms of longer operational durability but produce higher emissions and more expensive fuel costs. By considering efficiency and environmental impact factors, this study recommends the use of electric forklifts for production environments that require high mobility over short distances and diesel forklifts for long-distance or heavy-load applications that require longer operational times.

Analisis efisiensi mobilitas hasil produksi antara penggunaan forklift diesel dan listrik pada PT Ima Montaz Sejahtera

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi mobilitas dalam distribusi hasil produksi dengan membandingkan penggunaan forklift diesel dan forklift listrik. Mobilitas yang efisien dalam proses distribusi merupakan faktor penting untuk meningkatkan produktivitas dan menekan biaya operasional. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada perusahaan manufaktur yang memanfaatkan kedua jenis forklift dalam kegiatan operasionalnya. Parameter yang dianalisis meliputi biaya bahan bakar atau energi, waktu operasional, kapasitas angkut, emisi gas buang, serta biaya perawatan dan pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa forklift listrik memiliki keuntungan dalam hal biaya energi yang lebih rendah dan pengurangan emisi gas buang, namun dengan keterbatasan waktu operasional yang lebih singkat dibandingkan forklift diesel. Sementara itu, forklift diesel memiliki keunggulan dalam hal daya tahan operasional yang lebih lama tetapi menghasilkan emisi lebih tinggi dan biaya bahan bakar yang lebih mahal. Dengan mempertimbangkan faktor efisiensi dan dampak lingkungan, penelitian ini merekomendasikan penggunaan forklift listrik untuk lingkungan produksi yang membutuhkan mobilitas tinggi dalam jarak pendek dan forklift diesel untuk aplikasi jarak jauh atau beban berat yang membutuhkan waktu operasional yang lebih lama.

Kata kunci: Efisiensi Mobilitas, Forklift Diesel, Forklift Listrik, Biaya Operasional, Emisi Gas Buang

1. Pendahuluan

Penggunaan forklift dalam lingkungan industri memiliki peran krusial dalam mendukung proses pengangkutan dan pemindahan bahan baku, alat pendukung, suku cadang, serta hasil produksi. Berbagai penelitian telah mengkaji perbandingan antara forklift diesel dan listrik, terutama dari segi dampak lingkungan dan efisiensi operasional [1][2].

Dalam industri manufaktur dan logistik, penggunaan forklift menjadi elemen penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas. Forklift digunakan untuk memindahkan, mengangkat, dan mengatur barang di berbagai lingkungan industri, mulai dari gudang hingga fasilitas produksi. Secara umum, terdapat dua jenis forklift

yang paling banyak digunakan, yaitu forklift diesel dan forklift listrik. Kedua jenis forklift ini memiliki karakteristik operasional yang berbeda, termasuk dalam hal efisiensi energi, biaya operasional, dan dampak lingkungan [3].

Forklift diesel banyak digunakan dalam industri karena tenaga yang lebih besar dan kemampuannya beroperasi dalam waktu yang lebih lama tanpa perlu pengisian ulang daya [4][5]. Forklift jenis ini biasanya lebih cocok untuk aplikasi di luar ruangan atau lingkungan dengan beban kerja berat. Namun, salah satu tantangan utama dari penggunaan forklift diesel adalah emisi gas buang yang dihasilkan, yang dapat berdampak negatif

terhadap lingkungan dan kesehatan pekerja [6]. Selain itu, biaya bahan bakar yang fluktuatif dan perawatan mesin yang lebih kompleks menjadi faktor pertimbangan dalam memilih jenis forklift yang sesuai dengan kebutuhan industri.

Di sisi lain, forklift listrik semakin populer karena keunggulannya dalam efisiensi energi dan emisi yang lebih rendah dibandingkan forklift diesel. Dengan menggunakan sumber daya listrik, forklift ini tidak menghasilkan emisi gas buang, sehingga lebih ramah lingkungan dan lebih aman digunakan di dalam ruangan atau fasilitas dengan ventilasi terbatas. Selain itu, forklift listrik memiliki tingkat kebisingan yang lebih rendah, mengurangi polusi suara di tempat kerja. Namun, tantangan utama dalam penggunaan forklift listrik adalah keterbatasan waktu operasional akibat kebutuhan pengisian daya baterai yang memakan waktu, serta biaya awal investasi yang lebih tinggi dibandingkan forklift diesel.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi aspek efisiensi dan keberlanjutan dari kedua jenis forklift ini [7][8][9]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa forklift listrik memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan forklift diesel, terutama ketika sumber energinya berasal dari energi terbarukan. Selain itu, forklift listrik juga memiliki tingkat efisiensi energi yang lebih tinggi dan biaya operasional yang lebih rendah jika dikelola dengan baik [1][10]. Namun, dari perspektif siklus hidup produk, produksi dan pembuangan baterai forklift listrik juga memberikan dampak lingkungan yang harus diperhitungkan dalam analisis keberlanjutan.

PT Ima Montaz Sejahtera sebagai perusahaan manufaktur menghadapi tantangan dalam meningkatkan efisiensi mobilitas hasil produksi. Efisiensi dalam pergerakan barang sangat bergantung pada jenis forklift yang digunakan, baik forklift diesel maupun forklift listrik. Namun, belum ada kajian mendalam yang membandingkan kedua jenis forklift tersebut dalam aspek efisiensi waktu, biaya operasional, dan kecepatan dalam mendukung proses distribusi hasil produksi di perusahaan ini. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang komprehensif untuk menentukan forklift mana yang lebih optimal dalam menunjang operasional perusahaan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi mobilitas hasil produksi antara penggunaan forklift diesel dan forklift listrik di PT Ima Montaz Sejahtera. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan berbagai parameter, seperti waktu pengangkatan muatan, waktu tempuh dengan dan tanpa muatan, kecepatan rata-rata, akselerasi, deselerasi, serta tingkat efisiensi energi. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi terkait jenis forklift yang paling sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi mobilitas hasil produksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Ima Montaz Sejahtera, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Pabrik yang berlokasi di Blang Naleung Mameh memproduksi AMDK dalam kemasan gelas 240 ml dan galon 19 L.

Dalam penelitian ini, berbagai peralatan digunakan untuk mengukur dan membandingkan efisiensi operasional forklift. Peralatan utama yang digunakan meliputi forklift diesel, forklift listrik, palet, serta beban berupa produk yang diangkat. Selain itu, beberapa alat bantu seperti spidol permanen, meteran tanah 50 meter, busur, penggaris, dan

stopwatch digunakan untuk memastikan pengukuran yang akurat dalam setiap tahap pengujian.

Perbandingan efisiensi antara kedua jenis forklift dilakukan dengan beberapa variabel utama. Salah satu variabel yang diuji adalah waktu pengangkatan muatan, yaitu total waktu yang dibutuhkan oleh forklift untuk mengangkat muatan dari permukaan lantai hingga ketinggian tertentu. Pengukuran dilakukan menggunakan stopwatch dan hasilnya dicatat dalam satuan detik. Selain itu, waktu tempuh dengan muatan diukur dengan mencatat total waktu yang diperlukan forklift untuk berpindah dari satu titik ke titik lain sambil membawa muatan. Pengukuran serupa juga dilakukan untuk waktu tempuh tanpa muatan, di mana forklift bergerak dalam kondisi kosong dari satu titik ke titik lain.

Kecepatan rata-rata forklift dihitung menggunakan rumus Kecepatan Rata-rata = Jarak Tempuh / Waktu Tempuh, dengan jarak tempuh yang ditandai menggunakan lakban hitam setiap satu meter dan waktu tempuh yang dicatat dengan stopwatch. Selain itu, radius putar forklift dibandingkan antara spesifikasi teknis dan performa di lapangan dengan cara mengukur radius putar maksimal menggunakan lakban hitam, busur, spidol, dan penggaris.

Akselerasi dan deselerasi forklift juga dianalisis menggunakan rumus $a = (v_f - v_i) / (t_f - t_i)$ atau $a = \Delta v / \Delta t$, di mana v_f adalah kecepatan akhir, v_i adalah kecepatan awal, t_f adalah waktu akhir, dan t_i adalah waktu awal. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kedua jenis forklift mampu berakselerasi dan melakukan deselerasi secara efisien dalam operasionalnya.

Dengan melakukan serangkaian pengujian ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai efisiensi operasional forklift diesel dan listrik serta membantu dalam menentukan pilihan yang lebih optimal untuk kebutuhan industri.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Waktu Pengangkatan Muatan

Pengujian Waktu Pengangkatan Muatan dilakukan dengan cara mencatat waktu yang dibutuhkan oleh kedua jenis forklift untuk mengangkat muatan dari lantai hingga ketinggian 110cm. Bobot total yang diangkat adalah 845,94kg (829,44kg produk + 16,5kg palet). Kedua jenis forklift diuji masing-masing sebanyak 10 kali dengan operator yang sama. Berikut hasil data pengujian waktu pengangkatan muatan kedua jenis forklift dalam satuan detik ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Catatan waktu Pengujian Waktu Pengangkatan Muatan.

No.	Diesel (s)	Listrik (s)
1	1.32	1.64
2	1.29	1.77
3	1.23	1.78
4	1.24	1.44
5	1.28	1.38
6	1.28	1.49
7	1.30	1.40
8	1.28	1.70
9	1.27	1.66
10	1.28	1.78

$$\begin{aligned} \text{Rata - Rata :} &= \frac{(1.32 + 1.29 + 1.23 + 1.24 + 1.28 + 1.28 +)}{1.30 + 1.28 + 1.27 + 1.28} \\ &= \frac{12.77}{10} \\ &= 1.277 \text{ (Diesel)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(1.64 + 1.77 + 1.78 + 1.44 + 1.38 + 1.49 +)}{1.40 + 1.70 + 1.66 + 1.78} \\ &= \frac{16.04}{10} \\ &= 1.604 \text{ (Listrik)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa forklift diesel lebih unggul, dengan catatan waktu rata – rata 1.277 detik dibandingkan listrik dengan waktu catatan rata rata 1.604 detik.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi :} &= \frac{1.604 - 1.277}{1.604} \times 100\% \\ &= 20.38 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, forklift diesel memiliki tingkat efisiensi 20.38% lebih tinggi dibandingkan listrik.

3.2 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Dengan Muatan

Pengujian Waktu Tempuh Dengan Muatan dilakukan dengan cara menghitung waktu yang dibutuhkan kedua jenis forklift untuk mengangkat muatan dari lokasi produksi menuju *warehouse drop-off point*, dihitung sejak forklift selesai mengangkat muatan ke ketinggian optimal (110cm) hingga tiba untuk meletakkan muatan. Muatan yang diangkut adalah palet berisikan produk kemasan gelas dengan total bobot 845,94kg (829,44kg produk + 16,5kg palet). Kedua jenis forklift diuji masing masing sebanyak 10 kali dengan operator yang sama. Hasil data Pengujian Waktu Tempuh Dengan Muatan kedua jenis forklift dalam satuan detik ditampilkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Catatan pengujian waktu tempuh dengan muatan

No.	Diesel (s)	Listrik (s)
1	69.91	77.06
2	73.83	78.15
3	69.17	77.49
4	70.54	74.68
5	73.57	74.52
6	74.51	78.05
7	70.91	77.61
8	75.01	76.24
9	71.39	79.78
10	70.91	74.08

$$\begin{aligned} \text{Rata - Rata :} &= \frac{(69.91 + 73.83 + 69.17 + 70.54 + 73.57 +)}{74.51 + 70.91 + 75.01 + 71.39 + 70.91} \\ &= \frac{719.75}{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 71.975 \text{ (Diesel)} \\ &= \frac{(77.06 + 78.15 + 77.49 + 74.68 + 74.52 +)}{78.05 + 77.61 + 76.24 + 79.78 + 74.08} \\ &= \frac{767.66}{10} \\ &= 76.766 \text{ (Listrik)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa forklift diesel lebih unggul, dengan catatan waktu rata – rata 71.975 detik dibandingkan listrik dengan catatan waktu rata – rata 76.766 detik.

Efisiensi :

$$\begin{aligned} &= \frac{76.766 - 71.975}{76.766} \times 100\% \\ &= 6.24\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, forklift diesel memiliki tingkat efisiensi 6.24% lebih tinggi dibandingkan listrik.

3.3 Hasil Pengujian Waktu Tempuh Tanpa Muatan

Pengujian Waktu Tempuh Tanpa Muatan dilakukan dengan cara menghitung waktu yang dibutuhkan kedua jenis forklift untuk kembali menuju *loading bay* dari *warehouse drop-off point*, dihitung sejak forklift selesai meletakkan muatan.. Kedua jenis forklift diuji masing masing sebanyak 10 kali dengan operator yang sama. Hasil data Pengujian Waktu Tempuh Tanpa Muatan kedua jenis forklift dalam satuan detik ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Catatan waktu Pengujian Waktu Tempuh Tanpa Muatan

No.	Diesel (s)	Listrik (s)
1	64.91	61.19
2	68.83	62.28
3	64.17	61.62
4	65.54	60.59
5	68.57	61.15
6	69.51	62.18
7	65.91	61.74
8	70.01	60.37
9	72.31	63.91
10	71.25	63.80

$$\begin{aligned} \text{Rata - Rata :} &= \frac{(64.91 + 68.83 + 64.17 + 65.54 + 68.57 +)}{69.51 + 65.91 + 70.01 + 72.31 + 71.25} \\ &= \frac{681.01}{10} \\ &= 68.101 \text{ (Diesel)} \\ &= \frac{(61.19 + 62.28 + 61.62 + 60.59 + 61.15 +)}{62.18 + 61.74 + 60.37 + 63.91 + 63.80} \\ &= \frac{618.83}{10} \\ &= 61.883 \text{ (Listrik)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa forklift listrik lebih unggul, dengan catatan waktu rata – rata

61.883 detik dibandingkan diesel dengan catatan waktu rata – rata 68.101 detik.

Efisiensi :

$$= \frac{68.101 - 61.883}{68.101} \times 100\% \\ = 9.13\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, forklift listrik memiliki tingkat efisiensi 9.13% lebih tinggi dibandingkan diesel.

3.4 Hasil Pengujian Kecepatan Rata Rata

Pengujian Kecepatan Rata – Rata dihitung dengan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk kedua forklift menempuh jarak 18 meter. Waktu tempuh dihitung sejak forklift mulai mengangkat palet dengan produk di lokasi produksi menuju *loading bay* hingga kembali lagi ke lokasi semula. Tabel 4 dibawah menampilkan data setelah dihitung dengan rumus diatas.

Tabel 4. Catatan waktu pengujian kecepatan rata – rata

No.	Diesel (s)	Listrik (s)
1	136.04	139.57
2	143.85	141.72
3	134.47	140.34
4	137.22	136.51
5	143.32	136.95
6	145.20	141.51
7	138.02	140.65
8	146.20	137.89
9	144.87	144.96
10	143.34	139.16

Rata – Rata :

$$= \frac{(136.04 + 143.85 + 134.47 + 137.22 + 143.32 + 145.20 + 138.02 + 146.20 + 144.87 + 143.34)}{10}$$

$$= \frac{1,412.53}{10}$$

$$= 141.253 \text{ (Diesel)}$$

$$= \frac{(139.57 + 141.72 + 140.34 + 136.51 + 136.95 + 141.51 + 140.65 + 137.89 + 144.96 + 139.16)}{10}$$

$$= \frac{1,399.26}{10}$$

$$= 139.926 \text{ (Listrik)}$$

$$\text{Kecepatan Rata Rata} = \frac{\text{Jarak Tempuh}}{\text{Waktu Tempuh}} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{18 \text{ m}}{141.253 \text{ s}} &= \frac{18 \text{ m}}{139.926 \text{ s}} \\ &= 0.1274 \text{ m/s (diesel)} &= 0.1286 \text{ m/s (listrik)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan menggunakan rumus (1), dapat disimpulkan bahwa forklift listrik lebih unggul dengan waktu rata – rata 0.1286 m/s dibandingkan diesel dengan waktu rata rata 0,1274 m/s.

$$\begin{aligned} &= \frac{0.1286 - 0.1274}{0.1286} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

Forklift Listrik memiliki tingkat efisiensi 0,93% lebih tinggi dibandingkan Diesel.

3.5 Hasil Pengujian Radius Putar

Pengujian Radius Putar Roda dilakukan dengan cara mengukur derajat putaran roda menggunakan bantuan lakban hitam, busur, serta penggaris. Hasil pengukurannya ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil pengukuran radius putar roda

	Diesel	Listrik
Kanan	30°	30°
Kiri	30°	30°

Kedua jenis forklift memiliki radius putar roda yang sama hingga memiliki radius putar kendaraan yang sama, yaitu sepanjang 1.980mm (1,98m).

3.6 Hasil Pengujian Akselerasi dan Deselerasi

Pengujian akselerasi dihitung menggunakan bantuan stopwatch dan lintasan 18 meter yang telah diberikan lakban hitam tiap 4 meter, dihitung dari forklift dalam posisi diam hingga mencapai kecepatan operasional optimal, yaitu 40 km/h. Pengujian deselerasi dihitung menggunakan bantuan stopwatch dan lintasan 18 meter yang telah diberikan lakban tiap 4 meter, dihitung dari forklift berjalan dengan kecepatan 40km/h hingga berhenti total. Kedua jenis forklift diuji sebanyak 10 kali untuk tiap jenis pengujian.

3.6.1 Akselerasi

Tabel 6 berikut menampilkan catatan waktu dan jarak pengujian akselerasi kedua jenis forklift.

Tabel 6. Catatan waktu dan jarak pengujian akselerasi

No.	Diesel		Listrik	
	Waktu (s)	Jarak (m)	Waktu (s)	Jarak (m)
1	4.41	4.40	3.78	3.80
2	4.34	4.32	3.88	3.86
3	4.42	4.41	3.61	3.60
4	4.32	4.31	3.71	3.70
5	4.99	4.77	3.56	3.58
6	4.71	4.74	3.78	3.81
7	4.29	4.22	3.61	3.59
8	4.31	4.29	3.36	3.33

9	4.29	4.31	3.53	3.49
10	4.37	4.35	3.61	3.59

Rata – rata :

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{4.41 + 4.34 + 4.42 + 4.32 + 4.99 + 4.71 + 4.29}{+4.31 + 4.29 + 4.37} \right) \\
 &= \frac{44.45}{10} \\
 &= 4.445 \text{ (Waktu Diesel)} \\
 & \left(\frac{3.78 + 3.88 + 3.61 + 3.71 + 3.56 + 3.78 + 3.61}{+3.36 + 3.53 + 3.61} \right) \\
 &= \frac{364.30}{10} \\
 &= 3.643 \text{ (Waktu Listrik)} \\
 & \left(\frac{4.40 + 4.32 + 4.41 + 4.31 + 4.77 + 4.74 + 4.22}{+4.29 + 4.31 + 4.35} \right) \\
 &= \frac{44.12}{10} \\
 &= 4.412 \text{ (Jarak Diesel)} \\
 & \left(\frac{3.80 + 3.86 + 3.60 + 3.70 + 3.58 + 3.81 + 3.59}{+3.33 + 3.49 + 3.59} \right) \\
 &= \frac{36.35}{10} \\
 &= 3.635 \text{ (Jarak Listrik)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa forklift listrik lebih unggul, dengan waktu rata – rata 3.643 m/s dan jarak rata – rata 3.635 m/s dibandingkan diesel dengan waktu rata – rata 4.445 m/s dan jarak rata – rata 4.412 m/s.

Efisiensi :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4.44 - 3.64}{4.44} \times 100\% &= \frac{4.41 - 3.63}{4.41} \times 100\% \\
 &= 18.04\% &= 17.61\% \\
 &\text{(Waktu)} &\text{(Jarak)}
 \end{aligned}$$

Forklift Listrik memiliki tingkat efisiensi waktu 18.04% dan jarak 17.61% lebih tinggi dibandingkan Diesel.

Hasil rata – rata waktu kedua jenis forklift lalu dihitung menggunakan rumus (2):

$$a = \frac{v}{t} \quad (2)$$

Namun v diubah menjadi 40km/h, yaitu kecepatan ideal operasional kedua jenis forklift di PT Ima Montaz Sejahtera.

Dik : $v = 40 \text{ km/h}$
 $t = \text{kolom waktu masing}$
 $\quad \quad \quad - \text{masing jenis forklift}$

Dit : a

Data pada tabel 4.6 menggunakan satuan meter per detik, sedangkan kecepatan ideal operasional PT Ima Montaz Sejahtera menggunakan kilometer per jam, maka dari itu kecepatan ideal operasional di konversi menjadi satuan meter per detik.

$$\begin{aligned}
 40 \text{ km/h} &= \frac{40 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \\
 &= 11.11 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Kemudian data tersebut dihitung menggunakan rumus :

$$a = \frac{40 \text{ m/s}}{t} \quad (3)$$

Hingga menghasilkan data sebagaimana yang ditampilkan oleh tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil kalkulasi akselerasi kedua jenis forklift

No.	Diesel (m/s)	Listrik (m/s)
1	2.52	2.94
2	2.56	2.86
3	2.51	3.08
4	2.57	2.99
5	2.23	3.12
6	2.36	2.94
7	2.59	3.08
8	2.58	3.31
9	2.59	3.15
10	2.54	3.08

Rata – rata akselerasi :

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{2.52 + 2.56 + 2.51 + 2.57 + 2.23 + 2.36 +}{2.59 + 2.58 + 2.54} \right) \\
 &= \frac{22.46}{10} \\
 &= 2.246 \text{ m/s (Diesel)} \\
 & \left(\frac{2.94 + 2.86 + 3.08 + 2.99 + 3.12 + 2.94}{+3.08 + 3.31 + 3.15 + 3.08} \right) \\
 &= \frac{30.550}{10} \\
 &= 3.055 \text{ m/s (Listrik)}
 \end{aligned}$$

Efisiensi :

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{vt - vr}{vt} \times 100\% \\
 &= \frac{3.055 - 2.246}{3.055} \times 100\% \\
 &= 26.48\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa forklift listrik memiliki keunggulan dengan akselerasi 3.055 m/s, lebih tinggi 26.48% dari diesel yang hanya 2.246 m/s.

3.6.2 Deselerasi

Tabel 8 berikut menampilkan catatan waktu dan jarak pengujian deselerasi kedua jenis forklift.

Tabel 8. Catatan waktu dan jarak pengujian deselerasi

No.	Diesel		Listrik	
	Waktu (s)	Jarak (m)	Waktu (s)	Jarak (m)
1	4.07	4.06	3.44	3.46
2	3.98	3.98	3.54	3.52
3	4.08	4.07	3.27	3.26
4	3.98	3.97	3.37	3.36
5	4.65	4.43	3.22	3.24
6	4.37	4.4	3.44	3.47
7	3.95	3.88	3.27	3.25
8	3.97	3.95	3.02	2.99
9	3.95	3.97	3.19	3.15
10	4.03	4.01	3.27	3.25

Rata – rata :

$$= \frac{(4.07 + 3.98 + 4.08 + 3.98 + 4.65 + 4.37 + 3.95) + 3.97 + 3.95 + 4.03}{10}$$

$$= \frac{41.03}{10}$$

$$= 4.103 \text{ (Waktu Diesel)}$$

$$= \frac{(3.44 + 3.52 + 3.26 + 3.36 + 3.24 + 3.47 + 3.25) + 2.99 + 3.15 + 3.25}{10}$$

$$= \frac{32.95}{10}$$

$$= 3.295 \text{ (Waktu Listrik)}$$

$$= \frac{(4.06 + 3.98 + 4.07 + 3.97 + 4.43 + 4.40 + 3.88) + 3.95 + 3.97 + 4.01}{10}$$

$$= \frac{40.72}{10}$$

$$= 4.072 \text{ (Jarak Diesel)}$$

$$= \frac{(3.46 + 3.52 + 3.26 + 3.36 + 3.24 + 3.47 + 3.25) + 2.99 + 3.15 + 3.25}{10}$$

$$= \frac{33.03}{10}$$

$$= 3.303 \text{ (Jarak Listrik)}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa forklift listrik lebih unggul, dengan waktu rata – rata 3.295 m/s dan jarak rata – rata 3.303 m/s dibandingkan diesel dengan waktu rata – rata 4.103 m/s dan jarak rata – rata 4.072 m/s.

Efisiensi :

$$\begin{aligned} &= \frac{4.10 - 3.29}{4.10} \times 100\% &= \frac{4.07 - 3.30}{4.07} \times 100\% \\ &= 19.69\% &= 18.88\% \\ &\text{(Waktu)} &\text{(Jarak)} \end{aligned}$$

Forklift Listrik memiliki tingkat efisiensi waktu 19.69% dan jarak 18.88% lebih tinggi dibandingkan Diesel.

Hasil rata – rata waktu kedua jenis forklift lalu dihitung menggunakan rumus (2). Namun v diubah menjadi 40km/h, yaitu kecepatan ideal operasional kedua jenis forklift di PT Ima Montaz Sejahtera.

$$\begin{aligned} 40 \text{ km/h} &= \frac{40 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \\ &= 11.11 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kemudian data tersebut dihitung dengan rumus (3), hingga menghasilkan data sebagaimana yang ditampilkan oleh Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil kalkulasi deselerasi kedua jenis forklift.

No.	Diesel (m/s)	Listrik (m/s)
1	2.94	2.52
2	2.86	2.56
3	3.08	2.51
4	2.99	2.57
5	3.12	2.23
6	2.94	2.36
7	3.08	2.59
8	3.31	2.58
9	3.15	2.59
10	3.08	2.54

Rata – Rata :

$$= \frac{(2.94 + 2.86 + 3.08 + 2.99 + 3.12 + 2.94 + 3.08) + 3.31 + 3.15 + 3.08}{10}$$

$$= \frac{30.54}{10}$$

$$= 3.054 \text{ m/s (Diesel)}$$

$$= \frac{(2.52 + 2.56 + 2.51 + 2.57 + 2.23 + 2.36 + 2.59) + 2.58 + 2.59 + 2.54}{10}$$

$$= \frac{25.05}{10}$$

$$= 2.505 \text{ m/s (Listrik)}$$

$$e = \frac{vt - vr}{vt} \times 100\%$$

$$= \frac{3.05 - 2.51}{3.05} \times 100\%$$

$$= 17.70\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa forklift listrik memiliki keunggulan dengan deselerasi 3.05 m/s, lebih tinggi 17.70% dari diesel yang hanya 2.51 m/s.

3.7 Analisa Efisiensi

Analisa Efisiensi dihitung dengan menjumlahkan keunggulan masing – masing jenis forklift lalu dibagi dengan jumlah variabel tes.

sehingga :

$$\text{Diesel} = \frac{3}{6} = 50\%$$

$$\text{Listrik} = \frac{4}{6} = 66.66\%$$

Efisiensi :

$$e = \frac{66.66 - 50.00}{66.66} \times 100\%$$

$$e = 24.99\%$$

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa forklift diesel lebih unggul dalam uji waktu pengangkatan muatan dan waktu tempuh dengan muatan, dengan efisiensi masing-masing 20.38% dan 6.24% lebih tinggi dibandingkan forklift listrik. Sebaliknya, forklift listrik lebih unggul dalam waktu tempuh tanpa muatan, kecepatan rata-rata, akselerasi, dan deselerasi,

dengan efisiensi hingga 26.48% lebih tinggi dibandingkan forklift diesel. Kedua forklift memiliki radius putar yang sama, yaitu 30°. Secara keseluruhan, forklift listrik memiliki tingkat efisiensi 66.66%, lebih tinggi dibandingkan forklift diesel yang hanya mencapai 50%, menjadikannya pilihan yang lebih unggul dalam efisiensi energi dan performa operasional.

Referensi

- [1] H. Suwandono, "Analisa Kerusakan Pada Forklift Elektrik Nichiyu Fb20-75c Dengan Metode Fmea," *J. Tek. Mesin*, 2016.
- [2] Y. T. A. Erry and S. Samat, "Penerapan Job Safety Analysis (JSA) Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Pengoperasian Forklift di PT Adoveline Raharja." UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI, 2023.
- [3] F. Suryanti and M. Mulyono, "Hazard Identification Dan Risk Assesement (HIRA) Pada pengoperasian Forklift Di PT Bangun Sarana Baja Gresik," *J. Ilm. Kesehat. Media Husada*, vol. 6, no. 2, pp. 205–214, 2017.
- [4] P. Singh *et al.*, "Sample characterization of automobile and forklift diesel exhaust particles and comparative pulmonary toxicity in mice.," *Environ. Health Perspect.*, vol. 112, no. 8, pp. 820–825, 2004.
- [5] P. Fuc, P. Kurczewski, A. Lewandowska, E. Nowak, J. Selech, and A. Ziolkowski, "An environmental life cycle assessment of forklift operation: a well-to-wheel analysis," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 21, pp. 1438–1451, 2016.
- [6] P. Fuc, P. Lijewski, P. Kurczewski, A. Ziolkowski, and M. Dobrzynski, "The analysis of fuel consumption and exhaust emissions from forklifts fueled by diesel fuel and liquefied petroleum gas (LPG) obtained under real driving conditions," in *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, American Society of Mechanical Engineers, 2017, p. V006T08A060.
- [7] L. A. P. Panjaitan, M. H. Tullah, and R. Noval, "ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN FORKLIFT ELEKTRIK DAN FORKLIFT DIESEL DALAM 3000 JAM PEMAKAIAN: ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA PENGGUNAAN FORKLIFT ELEKTRIK DAN FORKLIFT DIESEL DALAM 3000 JAM PEMAKAIAN," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 2024, pp. 678–685.
- [8] E. Suprianto, "PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN FORKLIFT SCAGLIA BERDASARKAN DATA LAJU KERUSAKAN MESIN DI PT." X", *J. Ind. Elektro dan Penerbangan*, vol. 1, no. 3, 2011.
- [9] A. Budi Utomo and S. T. Wijianto, "Analisa Stabilitas Manuver Forklift Lonking LG 50 DT Pada Beban Maksimum." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2021.
- [10] J. Faizal, "Perancangan carriage fork pada alat forklift menggunakan winch dengan penggerak motor listrik." 021008 Universitas Tridinanti Palembang, 2023.