

Conversion of a Manual Flatbed Trolley to Electric Using a V-Belt Transmission System

[Modifikasi Flat Bed Trolley Manual Menjadi Elektrik Dengan Sistem Transmisi V-Belt]

Mochamad Alfin Nasrullah¹⁾, Prantasi Harmi Tjahjanti^{*,2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

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

Abstract This study addresses the conversion of a manual flatbed trolley into an electric flatbed trolley using a V-belt transmission system. The methodology employed is engineering research utilizing an experimental approach, alongside design and fabrication processes. The conversion involved installing a 350-watt DC electric motor, a controller, pulleys, a V-belt, a drive axle, and an electrical system. The transmission system utilizes a drive setup with a 15-tooth pulley and a 60-tooth pulley, resulting in a 4:1 transmission ratio. Testing was conducted on a 10-meter flat track with load variations ranging from 0 to 100 kg. The results indicate that the trolley's speed decreased from 2.5 m/s (unloaded) to 0.5 m/s (with a 100 kg load). Motor speed dropped from 283.5 rpm to 123.6 rpm, while wheel speed decreased from 70.88 rpm to 30.90 rpm. Electrical power consumption changed from 345.3 W to 269.8 W, whereas equivalent torque increased from 11.64 Nm to 20.85 Nm. The electric trolley operates faster than the manual version and can transport loads of up to 100 kg, although its maximum load capacity has not yet been determined.

Keywords - flatbed trolley, electric trolley, DC, V-belt, transmission ratio, load.

Abstrak Penelitian ini membahas perubahan flat bed trolley manual menjadi flat bed trolley elektrik dengan sistem transmisi V-BELT. Metode yang digunakan adalah penelitian rekayasa melalui pendekatan eksperimental serta desain dan pembuatan. Perubahan dilakukan dengan menambah motor listrik DC 350 Watt, controller, pulley, V-BELT, poros roda penggerak, dan sistem kelistrikan. Sistem transmisi memakai pulley penggerak 15 gigi dan pulley 60 gigi sehingga didapat rasio transmisi 4:1. Pengujian dilakukan di lintasan datar sepanjang 10 m dengan variasi beban 0–100 kg. Hasil menunjukkan kecepatan trolley turun dari 2,5 m/s tanpa beban menjadi 0,5 m/s saat beban 100 kg. Putaran motor turun dari 283,5 rpm menjadi 123,6 rpm, sedangkan putaran roda dari 70,88 rpm menjadi 30,90 rpm. Daya listrik berubah dari 345,3 W menjadi 269,8 W, sementara torsi ekuivalen naik dari 11,64 Nm menjadi 20,85 Nm. Trolley elektrik lebih cepat daripada manual dan dapat membawa beban hingga 100 kg, tetapi kapasitas maksimal belum bisa ditentukan.

Kata Kunci - flat bed trolley, trolley elektrik, DC, V-BELT, rasio transmisi, beban.

I. PENDAHULUAN

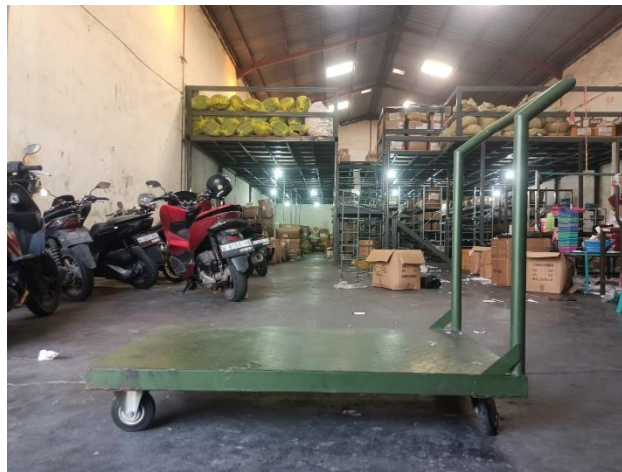
Salah satu alat yang banyak digunakan untuk memindahkan barang adalah flat bed trolley manual. Alat ini digunakan di gudang, pabrik, rumah sakit, dan pusat distribusi karena desainnya sederhana dan biaya pembuatannya relatif terjangkau.

Penggunaan flat bed trolley manual masih memiliki keterbatasan karena seluruh proses pengoperasiannya bergantung pada tenaga manusia. Penggunaan secara terus-menerus atau ketika membawa beban berat dapat membutuhkan tenaga fisik yang besar, menimbulkan kelelahan operator, menurunkan efisiensi kerja, dan meningkatkan risiko cedera. Trolley manual juga menjadi kurang efektif ketika digunakan pada area kerja yang luas atau pada kegiatan pemindahan barang dengan intensitas tinggi.

Salah satu solusi yang dikaji adalah mengubah flat bed trolley manual menjadi trolley elektrik. Penggunaan tenaga listrik diharapkan dapat mengurangi beban kerja operator, mempercepat proses pemindahan barang, dan meningkatkan kenyamanan pengoperasian. Dalam modifikasi ini, sistem transmisi merupakan bagian penting karena berfungsi menyalurkan daya dari motor menuju roda penggerak.

V-BELT dipilih sebagai sistem transmisi karena menggunakan hubungan gerigi antara belt dan pulley sehingga putaran dapat diteruskan secara sinkron. Dalam penelitian ini digunakan pulley penggerak 15 gigi dan pulley yang digerakkan 60 gigi sehingga diperoleh rasio transmisi 4:1. Rasio tersebut menurunkan putaran keluaran dan secara teoritis meningkatkan torsi pada sisi roda.

Penelitian ini bertujuan memodifikasi flat bed trolley manual menjadi trolley elektrik, merancang dan menerapkan sistem transmisi V-BELT, serta menganalisis kinerja trolley berdasarkan variasi beban terhadap kecepatan, putaran motor, daya listrik, torsi, kemampuan mengangkut beban, dan perbandingan kinerja dengan trolley manual.



Gambar 1. Flat Bed Trolley Manual

II. METODE

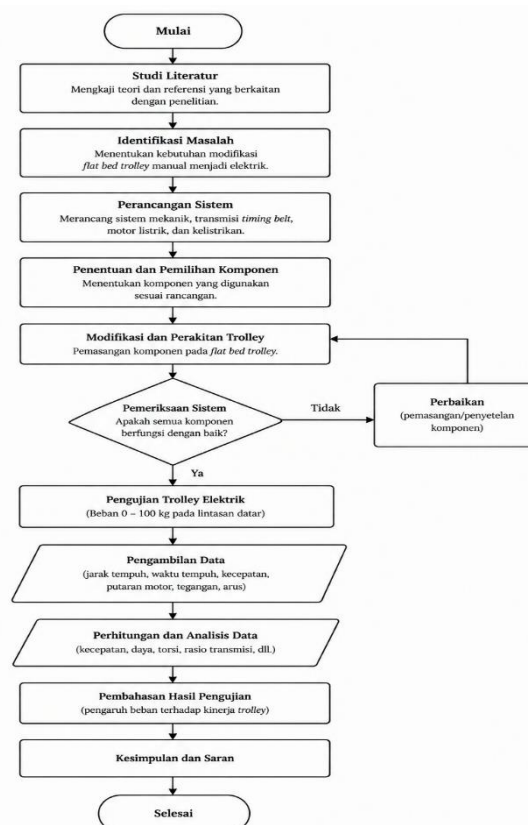
A. Diagram Alir (Flow Chart)

Alur Diagram alir penelitian ini menunjukkan langkah-langkah dalam proses mengubah troli datar manual menjadi troli listrik yang menggunakan mekanisme sabuk sinkron. Proses ini dimulai dengan tinjauan literatur untuk mengumpulkan pemahaman teori dan sumber-sumber penting tentang troli datar, motor penggerak listrik, sistem penggerak sabuk sinkron, serta cara mengukur kinerja troli.

Langkah berikutnya adalah mengidentifikasi kendala, yaitu menentukan spesifikasi yang diperlukan untuk mengubah troli datar manual menjadi troli bertenaga listrik. Setelah itu, desain sistem dibuat, mencakup bagian mekanis, mekanisme sabuk sinkron, motor listrik, dan rangkaian kelistrikan. Kemudian, komponen-komponen ditentukan dan dipilih berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Komponen-komponen yang telah dipilih ini akan digunakan dalam proses modifikasi dan perakitan troli.

Setelah perakitan selesai, sistem akan diperiksa untuk memastikan semua komponen terpasang dengan baik dan berfungsi sebagaimana mestinya. Jika ada komponen atau sistem yang tidak bekerja dengan baik, perbaikan atau penyesuaian akan dilakukan, lalu pemeriksaan akan diulang. Apabila sistem telah berjalan dengan baik, penelitian akan berlanjut ke fase pengujian. Pengujian troli listrik akan dilakukan dengan penambahan beban bervariasi antara 0–100 kg pada permukaan yang datar. Selama pengujian, data akan dikumpulkan, termasuk jarak tempuh, durasi perjalanan, kecepatan, putaran motor, voltase, dan arus listrik.

Data yang diperoleh dari pengujian kemudian akan digunakan untuk perhitungan dan analisis, mencakup kecepatan, daya, torsi setara, rasio transmisi, serta parameter penting lainnya. Hasil analisis ini kemudian akan dibahas untuk memahami bagaimana variasi beban memengaruhi kinerja troli dan efektivitas sistem penggerak sabuk sinkron. Tahap akhir mencakup perumusan kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan data pengujian dan analisis yang telah dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir (Flow Chart) Penelitian

B. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian memakai metode penelitian rekayasa (engineering research) dengan cara eksperimen dan perancangan (design and build). Langkah-langkah penelitian terdiri dari identifikasi masalah, perancangan sistem, pembuatan dan perakitan alat, pemeriksaan sistem, pengujian, dan analisis data.

C. Objek dan Konfigurasi Sistem

Objek penelitian adalah flat bed trolley manual yang diubah menjadi trolley elektrik. Perubahan difokuskan pada sistem penggerak elektrik memakai motor listrik, sistem transmisi daya menggunakan V-BELT, serta sistem kendali dan sumber daya listrik. Motor DC 350 Watt ditempatkan di bagian bawah trolley dan terhubung dengan sistem transmisi menuju roda penggerak.

Komponen utama hasil modifikasi terdiri atas motor DC 350 Watt, pengendali motor, pulley penggerak, pulley yang digerakkan, V-BELT, poros penggerak roda, sistem kelistrikan, sasis, dan alas trolley. Pulley penggerak memiliki 15 gigi, sedangkan pulley yang digerakkan mempunyai 60 gigi.

D. Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah bobot angkut trolley 0–100 kg dengan interval 10 kg. Variabel terikat mencakup kecepatan trolley, putaran motor, tegangan, arus, daya listrik, torsi ekuivalen, putaran keluaran transmisi, dan kemampuan mengangkat beban. Variabel terkontrol mencakup daya penggerak 350 Watt, pulley 15T dan 60T, rasio transmisi 4:1, ukuran roda, lintasan, jarak pengujian, sumber tegangan, dan desain trolley.

E. Prosedur Pengujian

Pengujian trolley elektrik dilaksanakan pada jalur datar sepanjang 10 m dengan variasi beban 0–100 kg. Pada setiap variasi beban dicatat durasi perjalanan, putaran motor, tegangan, dan arus. Trolley manual diuji pada jalur dan variasi beban yang sama sebagai perbandingan waktu perjalanan dan kecepatan.

F. Persamaan Perhitungan

Kecepatan trolley: $v = s/t$

Daya listrik: $P = V \times I$

Kecepatan sudut: $\omega = (2\pi n)/60$

Torsi ekuivalen: $T = P/\omega$

Rasio transmisi: $i = Z_2/Z_1$

Putaran roda: $n_2 = n_1/i$

Torsi roda: $T_2 = T_1 \times i$

Daya pada titik keluaran controller juga dihitung dari hasil pengukuran tegangan dan arus pada titik tersebut. Nilai tersebut diperlakukan sebagai karakteristik kelistrikan pada titik keluaran controller dan tidak digunakan sebagai daya mekanis roda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Modifikasi

Hasil modifikasi mengganti sumber tenaga utama trolley dari dorongan operator menjadi tenaga motor listrik. Motor DC 350 Watt, pengendali, sistem V-BELT, pully, poros roda penggerak, dan sistem listrik dipasang pada trolley sambil tetap menjaga fungsi utamanya sebagai alat angkut barang. Putaran motor diteruskan melalui pully penggerak, V-BELT, pully yang digerakkan, dan as roda sehingga menghasilkan gerak pada roda penggerak



Gambar 3. Flat Bed Trolley Elektrik

B. Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian trolley elektrik pada lintasan 10 m untuk beban 0–100 kg ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Flat Bed Trolley Elektrik

No.	Beban (kg)	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Putaran Motor (rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	0	10	4	2,5	283,5	24,32	14,2
2	10	10	5	2	273,7	24,12	13,4
3	20	10	6	1,7	243,1	23,38	13,2
4	30	10	7	1,4	240,2	23,36	12,7
5	40	10	8	1,25	231,5	23,26	12,5
6	50	10	10	1	207,6	23,22	12,3
7	60	10	11	0,9	166,6	23,18	12,1
8	70	10	12	0,8	165,3	23,16	11,9
9	80	10	13	0,7	141,8	23,12	11,8
10	90	10	15	0,6	130,6	23,1	11,7
11	100	10	17	0,5	123,6	23,06	11,5



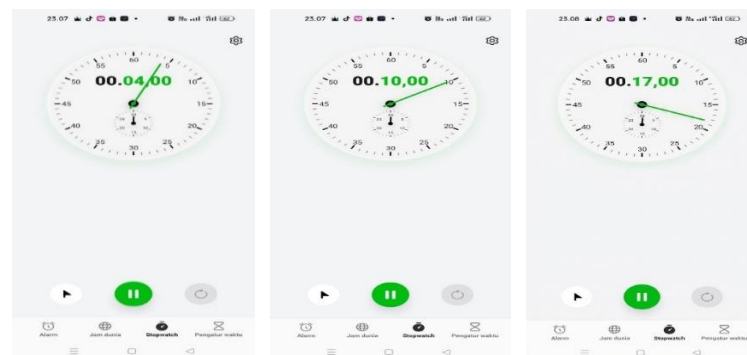
Gambar 4. Tachometer

C. Analisis Kecepatan

Kecepatan dihitung dari perbandingan jarak yang ditempuh dan waktu yang digunakan. Pada beban 0 kg, trolley menempuh 10 m dalam 4 s sehingga kecepatan adalah 2,5 m/s. Ketika beban bertambah menjadi 100 kg, waktu yang dibutuhkan menjadi 17 s dan kecepatan berkurang menjadi 0,5 m/s. Penurunan ini menunjukkan bahwa bertambahnya beban memengaruhi kemampuan sistem penggerak untuk menjaga kecepatan.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kecepatan

Beban (kg)	Jarak (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
0	10	4	2,5
10	10	5	2
20	10	6	1,7
30	10	7	1,4
40	10	8	1,25
50	10	10	1
60	10	11	0,9
70	10	12	0,8
80	10	13	0,7
90	10	15	0,6
100	10	17	0,5



Gambar 5. Stopwatch

D. Analisis Daya Listrik

Daya listrik dihitung dengan rumus $P = V \times I$. Pada beban 0 kg, tegangan 24,32 V dan arus 14,2 A menghasilkan daya 345,3 W. Pada beban 100 kg, tegangan 23,06 V dan arus 11,5 A menghasilkan daya 265,1 W menurut Tabel 3. Pada bagian diskusi kemampuan angkut, laporan mencatat nilai 269,8 W pada beban 100 kg. Nilai-nilai tersebut adalah hasil pengukuran/perhitungan yang tertulis dalam laporan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Daya Listrik

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Listrik (W)
0	24,32	14,2	345,3
10	24,12	13,4	323,2
20	23,38	13,2	308,6
30	23,36	12,7	296,6
40	23,26	12,5	290,7
50	23,22	12,3	285,5
60	23,18	12,1	280,4
70	23,16	11,9	275,6
80	23,12	11,8	272,8
90	23,1	11,7	270,2
100	23,06	11,5	265,1



Gambar 6. Avometer

E. Analisis Torsi Ekuivalen

Torsi ekuivalen dihitung dari daya listrik dan kecepatan sudut. Berdasarkan tabel hasil perhitungan, torsi ekuivalen berada pada jangkauan 11,27–20,93 Nm dan pada beban 100 kg tercatat 20,85 Nm. Nilai tersebut adalah torsi ekuivalen dari perhitungan, bukan hasil pengukuran langsung menggunakan torque meter.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Torsi Ekuivalen

Beban (kg)	Putaran Motor (rpm)	Daya Listrik (W)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Torsi Ekuivalen (Nm)
0	283,5	345,3	29,67	11,64
10	273,7	323,2	28,66	11,27
20	243,1	308,6	25,46	12,12
30	240,2	296,7	25,15	11,80
40	231,5	295,4	24,24	12,19
50	207,6	292,6	21,74	13,46

60	166,6	289,8	17,45	16,61
70	165,3	289,5	17,31	16,73
80	141,8	286,7	14,85	19,31
90	130,6	286,4	13,68	20,93
100	123,6	269,8	12,94	20,85

F. Analisis Rasio Transmisi, Putaran, dan Torsi Roda

Pulley penggerak memiliki 15 gigi dan pulley yang digerakkan memiliki 60 gigi. Rasio transmisi dihitung $i = 60/15 = 4$, sehingga rasio transmisi adalah 4:1. Dengan rasio tersebut, putaran roda dihitung dari putaran motor dibagi 4.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Putaran Roda

Beban (kg)	Putaran Motor (rpm)	Putaran Roda (rpm)
0	283,5	70,88
10	273,7	68,43
20	243,1	60,78
30	240,2	60,05
40	231,5	57,88
50	207,6	51,90
60	166,6	41,65
70	165,3	41,33
80	141,8	35,45
90	130,6	32,65
100	123,6	30,90

Pada beban 0 kg, putaran motor 283,5 rpm menghasilkan putaran roda 70,88 rpm. Pada beban 100 kg, putaran motor 123,6 rpm menghasilkan putaran roda 30,90 rpm. Penurunan putaran mengikuti perubahan putaran motor akibat peningkatan beban.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Torsi pada Roda

Beban (kg)	Putaran Motor (rpm)	Torsi Ekuivalen (Nm)	Rasio	Putaran Roda (rpm)	Torsi Roda (Nm)
0	283,5	11,64	4 : 1	70,88	46,56
10	273,7	11,27	4 : 1	68,43	45,08
20	243,1	12,12	4 : 1	60,78	48,48
30	240,2	11,80	4 : 1	60,05	47,20
40	231,5	12,19	4 : 1	57,88	48,76
50	207,6	13,46	4 : 1	51,90	53,84
60	166,6	16,61	4 : 1	41,65	66,44
70	165,3	16,73	4 : 1	41,33	66,92
80	141,8	19,31	4 : 1	35,45	77,24
90	130,6	20,93	4 : 1	32,65	83,72
100	123,6	20,85	4 : 1	30,90	83,40

Dengan rasio 4:1, torsi pada roda secara teoritis meningkat empat kali dari torsi ekuivalen sisi penggerak. Nilai torsi roda pada tabel meningkat dari 46,56 Nm pada kondisi tanpa beban menjadi 83,40 Nm pada beban 100 kg.

G. Daya pada Titik Keluaran Controller

Daya pada titik keluaran controller dihitung dari tegangan dan arus yang diukur pada titik tersebut. Nilainya berkurang dari 11,32 W pada beban 0 kg menjadi 0,59 W pada beban 100 kg. Nilai ini menunjukkan sifat kelistrikan pada titik pengukuran controller dan tidak digunakan sebagai daya mekanis yang diteruskan ke roda.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Daya pada Titik Keluaran Controller

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
0	6,29	1,80	11,32
10	6,25	1,62	10,13
20	6,21	1,44	8,94
30	6,17	1,26	7,77
40	6,13	1,08	6,62
50	6,09	0,90	5,48
60	6,05	0,72	4,36
70	6,01	0,54	3,25
80	5,97	0,36	2,15
90	5,93	0,18	1,07
100	5,89	0,10	0,59

H. Perbandingan Trolley Manual dan Elektrik

Perbandingan dilakukan pada jalur yang sama sepanjang 10 m dengan variasi beban 0–100 kg. Hasil menunjukkan waktu tempuh trolley listrik lebih rendah pada semua variasi beban.

Tabel 8. Perbandingan Waktu Tempuh Flat Bed Trolley Manual dan Elektrik

Beban (kg)	Manual (s)	Elektrik (s)	Selisih Waktu (s)
0	6	4	2
10	8	5	3
20	10	6	4
30	12	7	5
40	14	8	6
50	17	9	8
60	20	10	10
70	23	12	11
80	27	13	14
90	31	15	16
100	35	17	18

Tabel 9. Perbandingan Kecepatan Flat Bed Trolley Manual dan Elektrik

Beban	Manual (m/s)	Elektrik (m/s)	Selisih (m/s)
0 kg	1,6	2,5	0,9
10 kg	1,2	2,0	0,8
20 kg	1,0	1,7	0,7
30 kg	0,8	1,4	0,6
40 kg	0,7	1,25	0,55
50 kg	0,59	1,0	0,41
60 kg	0,5	0,9	0,4
70 kg	0,4	0,8	0,4
80 kg	0,3	0,7	0,4
90 kg	0,3	0,6	0,3
100 kg	0,3	0,5	0,2

Pada beban 0 kg, trolley manual memerlukan 6 s sedangkan trolley elektrik 4 s. Pada beban 100 kg, trolley manual memerlukan 35 s sedangkan trolley elektrik 17 s. Kecepatan trolley elektrik juga lebih cepat pada semua variasi beban. Pada beban 0 kg perbedaannya 0,9 m/s, sedangkan pada beban 100 kg perbedaannya 0,2 m/s menurut Tabel 9.

I. Pengaruh Beban terhadap Kinerja

Peningkatan beban menyebabkan kecepatan dan putaran motor berkurang. Kecepatan trolley elektrik menurun dari 2,5 m/s tanpa beban menjadi 0,5 m/s saat beban 100 kg, sedangkan putaran motor berkurang dari 283,5 rpm menjadi 123,6 rpm. Daya listrik yang terukur dalam laporan juga menunjukkan kecenderungan untuk menurun pada rentang pengujian. Perubahan putaran ini kemudian menghasilkan putaran roda yang lebih rendah pada rasio transmisi tetap 4:1.

Dari sisi pengoperasian, penggunaan motor listrik membuat pergerakan trolley tidak sepenuhnya bergantung pada tenaga dorong operator. Evaluasi kemudahan pengoperasian dalam penelitian dilakukan dengan deskriptif melalui observasi selama pengujian dan tidak menggunakan skor ergonomi tertentu.

J. Kemampuan Angkut

Trolley elektrik mampu bergerak dengan beban sampai 100 kg pada kondisi pengujian yang ditetapkan. Pada beban 100 kg, kecepatan tercatat 0,5 m/s, putaran motor 123,6 rpm, dan laporan mencatat daya listrik 269,8 W pada pembahasan kemampuan angkut. Namun, 100 kg belum dapat dinyatakan sebagai kapasitas maksimal trolley karena pengujian tidak diperluas di atas 100 kg.

VII. SIMPULAN

1. Manual flat bed trolley berhasil diubah menjadi flat bed trolley elektrik dengan menambahkan motor DC 350 Watt, controller, pulley, V-BELT, poros roda penggerak, dan rangkaian kelistrikan tanpa mengubah fungsi utama sebagai alat angkut barang.
2. Transmisi V-BELT menggunakan pulley 15 gigi dan 60 gigi sehingga menghasilkan rasio 4:1. Rasio ini mengurangi kecepatan output dan secara teoritis meningkatkan torsi di sisi roda.
3. Dalam pengujian 10 m dengan beban 0–100 kg, trolley elektrik menunjukkan waktu tempuh lebih cepat dan kecepatan lebih tinggi dibanding trolley manual. Pada 0 kg, waktu tempuh manual dan elektrik masing-masing 6 s dan 4 s; pada 100 kg, masing-masing 35 s dan 17 s.
4. Kecepatan motor turun dari 283,5 rpm pada 0 kg menjadi 123,6 rpm pada 100 kg. Dengan rasio 4:1, kecepatan roda berubah dari 70,88 rpm menjadi 30,90 rpm.
5. Daya listrik yang terukur berubah dari 345,3 W pada 0 kg menjadi 269,8 W pada 100 kg menurut data yang dirangkum dalam pembahasan laporan. Torsi ekuivalen berubah dari 11,64 Nm menjadi 20,85 Nm.
6. Trolley terbukti bisa bergerak dengan beban hingga 100 kg dalam kondisi pengujian, tetapi 100 kg belum bisa ditetapkan sebagai kapasitas maksimum karena pengujian di atas nilai itu belum dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas segala anugerah dan nikmat-Nya sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan dukungan fasilitas dan kesempatan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Ibu Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penelitian hingga penulisan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses persiapan bahan, pengujian Flat Belt Trolley, pengolahan data, serta penyelesaian penelitian ini.

Semoga penelitian mengenai modifikasi flat bed trolley manual menjadi flat bed trolley elektrik dengan sistem transmisi V-BELT ini dapat memberikan kontribusi dalam mengurangi beban operator ini.

..

REFERENSI

- [1] C. V. O. T. Indonesia, "KONSEP DASAR PEMINDAHAN BAHAN (PENGANGKATAN AMAN DENGAN MENGUTAMAKAN KESELAMATAN)," Ir. Ida Bagus Dharmawan, ST, M. Si., IPM., ASEAN Eng., 2025.
- [2] A. N. R. Sulisty, "Perancangan Desain Meja Trolley Berbasis Analisis Ergonomi Untuk Mengurangi Beban Kerja Fisik (Studi Kasus: PT Pos Indonesia Unit Tegal)." Universitas Islam Indonesia, 2025.
- [3] G. T. Muzaky and L. F. Permadanu, "RANCANG BANGUN HOIST CRANE INDUSTRI GERAKAN ENAM ARAH BERBASIS ELECTRICAL POWER." Universitas Ivet, 2025.
- [4] F. P. J. Sibuea, D. Agustin, A. Ferdhinand, W. Widyatmoko, D. Nomensen, and A. Kusmawati, "Rancang Bangun Sistem Inventory Barang Berbasis Web dengan Metode Prototyping di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif Politeknik STMI Jakarta," ILKOMNIKA, vol. 6, no. 1, pp. 91–101, 2024.
- [5] M. P. Data, "Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1," Obs. Obs. adalah bagian dalam pengumpulan data, Obs. berarti mengumpulkan data langsung dari lapangan, vol. 15.
- [6] M. R. A. N. Putera and R. Hidayat, "Kendali kecepatan motor DC menggunakan pengendali PID dengan encoder sebagai feedback," STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol., vol. 7, no. 1, pp. 50–56, 2022.
- [7] B. Ardyanto, "Pengukuran Tegangan, Arus Dan Daya Listrik Menggunakan Perangkat Telepon Pintar." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [8] R. J. Wijaya and D. R. Sawitri, "Hubungan Kecepatan Putar (RPM) dan Torsi pada Motor Induksi," in Seminar Nasional Teknik Elektro, 2025, pp. 109–120.
- [9] J. D. Siburian, "Analisa Slip Transmisi Pulleydanv-belt Pada Beban Tertentu Dengan Menggunakan Motor Berdaya Seperempat HP." Universitas Islam Riau, 2019.
- [10] M. H. Marbun, "Perancangan Sistem Monitoring Pencurian Arus Pada Pelanggan Pt. Pln (Persero) Menggunakan Titik Koordinat Berbasis Mikrokontroler." Fakultas Sain dan Teknologi, 2022.

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.