

## **Analisis Fluktuasi Penurunan Konsumsi dan Daya Masuk Aliran Listrik Baterai Bus Listrik Transjakarta**

### ***Analysis of Fluctuations in Consumption and Power Input of Transjakarta Electric Bus Battery Flow***

Achmad Syafiq Endra Ardiyanto<sup>1</sup>, Frans Tohom<sup>2</sup>, Joko Siswanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

<sup>2,3</sup>Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

<sup>1</sup>21023062@taruna.pktj.ac.id, <sup>2</sup>frans.tohom@pktj.ac.id, <sup>3</sup>siswanto@pktj.ac.id

#### **Abstrak**

Peningkatan penggunaan kendaraan listrik sebagai solusi transportasi yang berkelanjutan dan juga dapat mendorongnya integrasi kedalam sistem transportasi umum, seperti yang diterapkan di PT Transportasi Jakarta. Salah satu aspek penting dalam operasional bus listrik adalah efisiensi konsumsi daya dan efektivitas pengisian baterai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan persentase *State of Charge* (SoC), efisiensi energi (kWh/km), dan karakteristik pengisian daya baterai pada bus listrik Zhongtong Medium Low Entry yang akan beroperasi di jalur Transjakarta dalam dua kondisi operasional, yaitu tanpa penumpang dan dengan penumpang. Metode yang digunakan adalah observasi langsung dan pencatatan data lapangan selama empat periode uji coba, yang meliputi konsumsi energi, jarak tempuh, dan kapasitas pengisian daya, dengan pengujian dilakukan dalam dua kondisi operasional, yaitu tanpa penumpang dan dengan penumpang. Hasil menunjukkan bahwa kondisi dengan penumpang menyebabkan penurunan SoC rata-rata sebesar 17% dibandingkan tanpa penumpang, dan peningkatan konsumsi energi sebesar 43%, dari 0,27 kWh/km menjadi 0,70 kWh/km. Daya listrik yang masuk selama pengisian menunjukkan variasi yang lebih besar pada kondisi dengan penumpang, namun selisih rata-ratanya hanya sekitar 2%, menunjukkan pengaruh yang relatif kecil pada proses pengisian baterai. Temuan ini menegaskan bahwa beban tambahan penumpang berdampak signifikan pada efisiensi penggunaan energi dan tingkat SoC kendaraan listrik, namun tidak terlalu berpengaruh terhadap daya pengisian. Studi ini memberikan kontribusi penting dalam pengelolaan energi dan pengembangan infrastruktur pengisian baterai bus listrik untuk mendukung operasional yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: bus listrik, efisiensi energi, pengisian baterai, State of Charge, Transjakarta

#### **Abstract**

*The increasing use of electric vehicles as a sustainable transportation solution also encourages their integration into public transportation systems, such as those implemented by PT Transportasi Jakarta. One important aspect of electric bus operations is the efficiency of power consumption and the effectiveness of battery charging. This study aims to analyze the percentage decline in State of Charge (SoC), energy efficiency (kWh/km), and battery charging characteristics of the Zhongtong Medium Low Entry electric bus operating on Transjakarta routes under two operational conditions: without passengers and with passengers. The method used involved direct observation and field data recording over four testing periods, covering energy consumption, distance traveled, and charging capacity, with tests conducted under both operational conditions. The results show that the presence of passengers causes an average SoC decrease of 17% compared to the condition without passengers, and an increase in energy consumption of 43%, from 0.27 kWh/km to 0.70 kWh/km. The incoming electrical power during charging exhibited greater variation under the passenger-loaded condition; however, the average difference was only about 2%, indicating a relatively small impact on the battery charging process. These findings confirm that the additional passenger load significantly affects energy consumption efficiency and SoC levels of electric vehicles but has minimal influence on charging power. This study provides important contributions to energy management and the development of battery charging infrastructure for electric buses to support more efficient and sustainable operations.*

*Keywords:* electric bus, energy efficiency, battery charging, State of Charge, Transjakarta

#### **1. Pendahuluan**

Penggunaan bus listrik sebagai transportasi publik ramah lingkungan semakin didorong oleh kebijakan pemerintah untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menekan tingkat polusi udara [1]. PT Transportasi Jakarta menjadi bagian dalam upaya pemantauan bus listrik dari pihak operator yang bekerjasama, namun efisiensi energi dan efektivitas pengisian daya baterai masih menjadi tantangan utama dalam operasionalnya [2]. Pemerintah Indonesia mendukung penggunaan bus listrik khususnya transportasi umum untuk mengurangi ketergantungan pada kendaraan konvensional dan menekan polusi udara PT Transportasi Jakarta, sebagai salah

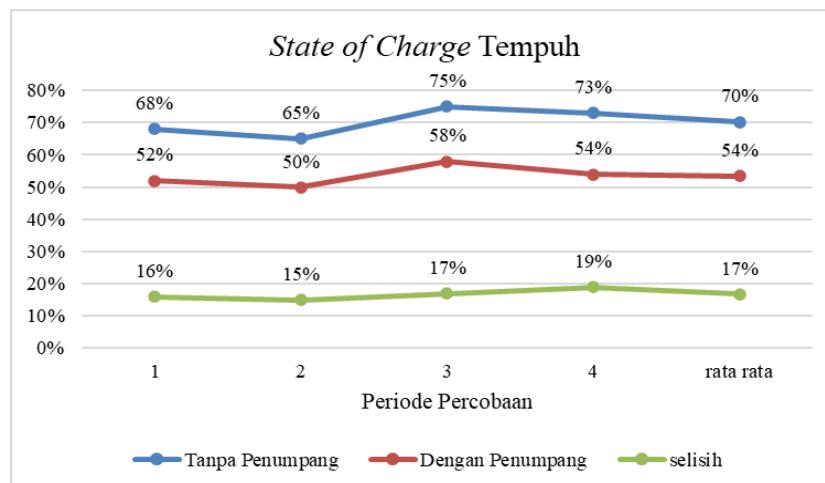
satu penyedia layanan transportasi publik terbesar di Indonesia yang berperan aktif dalam pemantauan bus listrik yang digunakan dalam sistem transportasi massal berkelanjutan [3]. Studi terdahulu ([4];[5]) menyoroti pentingnya efisiensi sistem pengisian baterai. Penelitian ini dilakukan untuk monitoring performance untuk mengetahui data persentase penurunan baterai pada bus listrik agar lebih efisien dengan menganalisis pola penurunan *State of Charge* (*SoC*) pada kondisi operasional tanpa beban dan dengan beban penumpang di rute yang telah ditentukan, mengevaluasi efisiensi energi (kWh/km) dan menganalisis karakteristik pengisian daya baterai pada bus Zhongtong Medium Low Entry sebelum melakukan operasional di Transjakarta. Aspek tersebut penting dalam operasional bus listrik yakni pada konsumsi daya baterai. Oleh karena itu, dilakukan pemantauan terhadap operasional dan pengisian baterai bus uji coba Zhongtong Medium lantai rendah yang akan beroperasi di Transjakarta [6]. Menganalisis hal tersebut bertujuan untuk mengetahui penurunan konsumsi energi baterai serta efisiensi dalam saat pengisian daya [7]. Pemahaman faktor – faktor tersebut memberikan wawasan untuk mengoptimalkan sistem manajemen baterai (BMS) dan strategi operasional [8]. Transisi menuju transportasi umum berbasis listrik sangat penting, tidak hanya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas udara di perkotaan [9]. Penggunaan energi yang efisien pada bus listrik menjadi kunci agar kendaraaan ini tetap kompetitif dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar fosil tradisional [10].

## 2. Metode

Metode kuantitatif digunakan dengan teknik pengumpulan data secara observasi langsung terhadap performa bus listrik Zhongtong Medium Low Entry yang akan beroperasi di jaringan Transjakarta. Instrumen yang digunakan dalam observasi ini mencakup lembar observasi, panduan observasi, dan daftar periksa (*checklist*). Penelitian ini dilakukan langsung di lokasi, mengikuti operasional bus, dan mengumpulkan data yang selanjutnya akan diterapkan di kantor pusat. Sampel uji berupa satu unit bus listrik Zhongtong Medium Low Entry [11]. Setiap rute diamati dalam dua kondisi operasional, yaitu tanpa penumpang (simulasi uji statis dan uji beban) dan dengan penumpang (operasional penuh), dengan total pengamatan dilakukan selama 4 periode percobaan [12]. Data yang dikumpulkan meliputi: persentase *State of Charge* (*SoC*) awal dan akhir, konsumsi daya harian (kWh), jarak tempuh (km), durasi pengisian (menit), serta kapasitas daya yang terisi (kWh). Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengambil foto di dashboard kendaraan menggunakan aplikasi *timestamp camera* dan pencatatan langsung oleh penulis. Seluruh data diolah menggunakan Microsoft Excel 2019 untuk menghitung efisiensi energi (kWh/km), laju pengisian daya (kWh/menit), dan pola penurunan SoC.

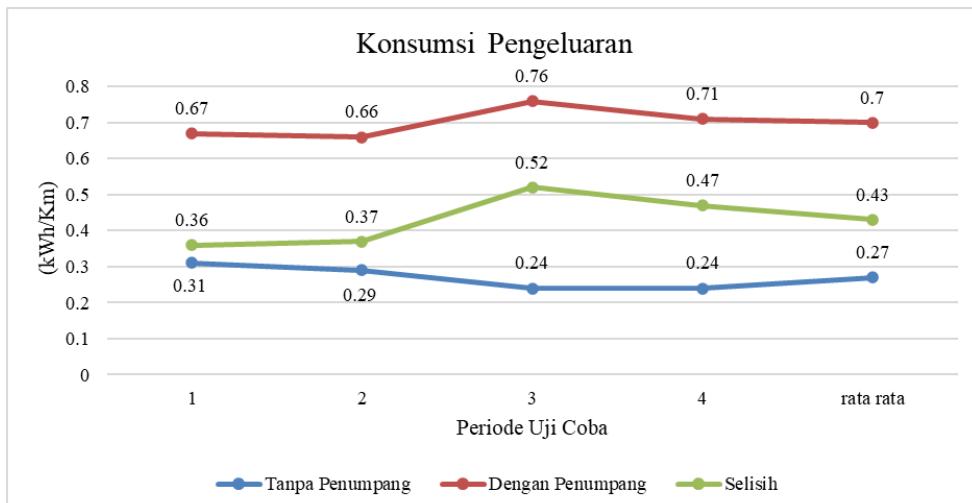
## 3. Hasil dan Pembahasan

Baterai yang digunakan pada bus listrik Zhongtong Medium Low Entry berbasis lithium-ion phorsphate (LiFEPO<sub>4</sub>) yang memiliki penyimpanan energi yang tinggi dan ketahanan siklus pengisian daya dan pelepasan daya [13]. Namun memiliki masa pakai yang relative panjang dan degradasi akibat penggunaan jangka. Observasi dilaksanakan pada dua tahap pengujian, yaitu tahap uji operasi tanpa penumpang dan tahap uji operasi dengan penumpang. Masing-masing pengujian menggunakan kondisi kendaraan tanpa penumpang dan kendaraan dengan penumpang, guna memperoleh data yang representatif terhadap kinerja sistem baterai bus listrik dalam kondisi operasional yang bervariasi. Kinerja bus listrik Zhongtong medium pada saat kondisi operasional menunjukkan bahwa tanpa penumpang dan dengan penumpang kondisi dengan lalu lintas yang berpengaruh signifikan terhadap efisiensi energi.



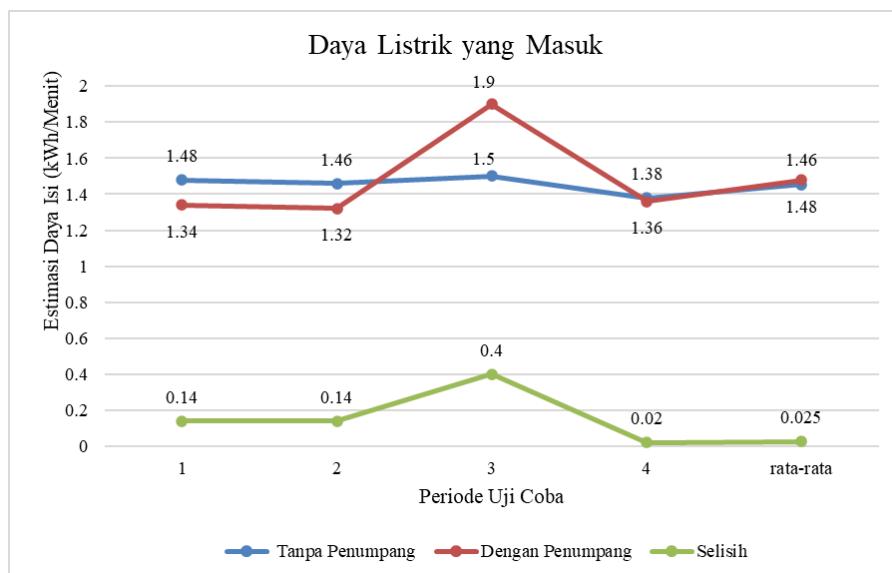
Gambar 1 State of Charge (SoC) Tempuh

State of Charge (SoC) baterai pada kendaraan dalam dua kondisi, yaitu tanpa penumpang dan dengan penumpang, selama empat periode percobaan. Pada kondisi tanpa penumpang, SoC rata-rata cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi dengan penumpang pada setiap periode percobaan. Pada percobaan pertama, SoC tanpa penumpang mencapai 68%, sedangkan dengan penumpang hanya 52%. Penurunan ini konsisten terjadi pada semua periode, dengan persentase SoC tanpa penumpang berkisar antara 65% - 75%, sedangkan dengan penumpang berada di kisaran 50% - 58%. Selisih SoC antara kedua kondisi tersebut menunjukkan pola yang cukup stabil, dengan nilai rata-rata sekitar 17%. Ini menunjukkan bahwa keberadaan penumpang memberikan beban tambahan yang menyebabkan konsumsi energi lebih besar, sehingga baterai SoC cenderung menurun lebih cepat.



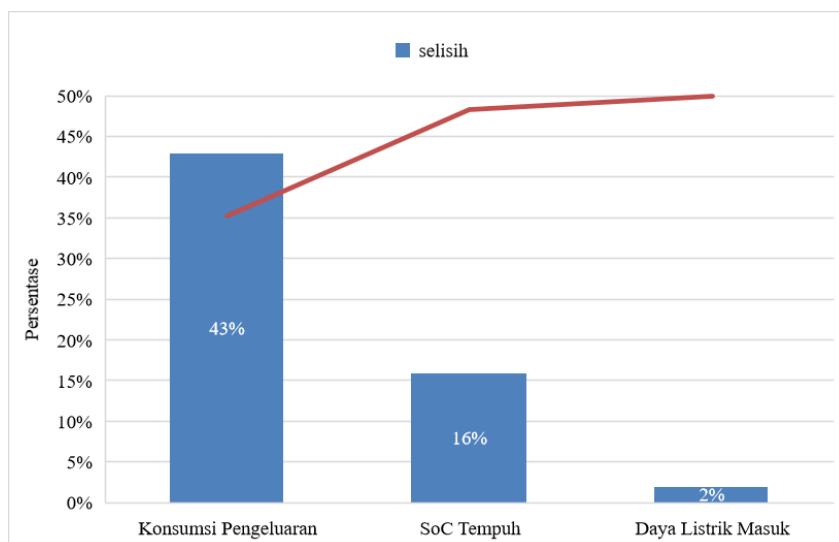
Gambar 2 Konsumsi Pengeluaran (kWh/Km)

Konsumsi pengeluaran kondisi dengan penumpang secara konsistensi lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi tanpa penumpang pada seluruh periode uji coba. Konsumsi energi rata-rata pada kondisi tanpa penumpang berkisar antara 0,24 kWh/km hingga 0,31 kWh/km, dengan nilai rata-rata sebesar 0,27 kWh/km. Sementara itu, konsumsi energi pada kondisi dengan penumpang berada pada kisaran yang lebih tinggi, yaitu antara 0,66 kWh/km hingga 0,76 kWh/km, dengan nilai rata-rata sebesar 0,70 kWh/km. Selisih konsumsi energi antara kedua kondisi menunjukkan tren yang cukup stabil, dengan nilai rata-rata sebesar 0,43 kWh/km.



Gambar 3 Aliran Daya Masuk

Daya listrik yang masuk pada kondisi tanpa penumpang relatif stabil dengan nilai rata-rata sekitar 1,46 kWh/menit, dengan nilai minimum sebesar 1,38 kWh/menit dan maksimum 1,50 kWh/menit. Sebaliknya, pada kondisi dengan penumpang, daya listrik yang masuk mengalami fluktuasi lebih signifikan, dengan nilai tertinggi mencapai 1,90 kWh/menit pada periode uji coba ketiga dikarenakan lonjakan aliran listrik yang besar dan nilai terendah 1,32 kWh/menit pada periode kedua, serta nilai rata-rata sebesar 1,46 kWh/menit. Selisih terbesar terjadi pada periode ketiga, yaitu sebesar 0,40 kWh/menit, sementara pada periode keempat selisihnya sangat kecil, hanya sebesar 0,02 kWh/menit. Rata-rata selisih daya listrik yang masuk adalah sebesar 0,025 kWh/menit.



Gambar 4 Selisih dari 3 Hasil Penelitian

Parameter Konsumsi Pengeluaran Energi mengalami selisih terbesar, yakni sebesar 43%. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan penumpang memberikan dampak signifikan terhadap penurunan konsumsi energi kendaraan selama pengujian. Selanjutnya, pada parameter SoC Tempuh, selisih yang terjadi adalah sebesar 16%, yang mencerminkan pengaruh penumpang terhadap penurunan tingkat pengisian baterai setelah perjalanan. Sementara itu, parameter Daya Listrik yang Masuk menunjukkan selisih terkecil, hanya sekitar 2%. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun beban penumpang mempengaruhi konsumsi energi dan biaya perjalanan SoC, pengaruhnya terhadap daya listrik yang masuk saat proses pengisian baterai relatif minimal.

#### 4. Simpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kendaraan tanpa penumpang memiliki baterai State of Charge (SoC) yang lebih tinggi dibandingkan saat membawa penumpang, dengan selisih rata-rata 17%. Konsumsi energi juga meningkat signifikan sebesar 43% saat ada penumpang, dari 0,27 kWh/km menjadi 0,70 kWh/km. Meski daya listrik yang masuk selama pengisian mengalami leher besar pada kondisi dengan penumpang, perbedaannya relatif kecil, hanya sekitar 2%. Hal ini menandakan bahwa beban tambahan dari penumpang berdampak signifikan pada konsumsi energi dan penurunan SoC, namun pengaruhnya terhadap daya pengisian baterai relatif minimal.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada PT Transportasi Jakarta, khususnya Departement Standardisasi, Pengembangan dan Penelitian sarana, serta dosen pembimbing atas dukungan dan bimbingannya selama pembuatan.

#### Kontribusi

1. Achmad Syafiq Endra Ardiyanto<sup>1</sup> (Melakukan observasi dan penelitian secara langsung)
2. Frans Tohom<sup>2</sup> (Meninjau literatur terkait, membantu dalam interpretasi data)
3. Joko Siswanto<sup>3</sup> (Merancang konsep penelitian, menyusun metodologi, serta melakukan analisis data)

#### Referensi

- [1] C. Sudjoko, "Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon", *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*, *J. Paradig. J. Multidisipliner Mhs. Pascasarj. Indones.*, vol. 2,

- no. 2, pp. 54–68, 2021.
- [2] D. A. Arubusman, “MANAJEMEN PEMELIHARAAN BUS TRANSJAKARTA DALAM MENCAPI STANDAR PELAYANAN MINIMUM MAINTENANCE MANAGEMENT OF TRANSJAKARTA BUS,” vol. 03, no. 2, 2016.
- [3] C. Daniswara *et al.*, “Penggunaan Kendaran Listrik Terhadap Pengurangan Emisi Karbon di Indonesia,” *J. Angka*, vol. 2, no. 1, pp. 20–30, 2025.
- [4] R. K. Sidiq, “SISTEM PENGISI BATERAI MOBIL LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA16 SISTEM PENGISI BATERAI MOBIL LISTRIK BERBASIS,” 2015.
- [5] W. D. YANTORO, “ANALISIS EFISIENSI PENGGUNAAN BATERAI LITHIUM POLYMER 48 V 25 Ah PADA SEPEDA MOTOR LISTRIK YANG DI RANCANG BANGUN DENGAN DAYA 3 KW Diajukan,” 2019.
- [6] A. Jagiełło, “Economic Efficiency of Sustainable Public Transport : A Literature Review on Electric and Diesel Buses,” 2025.
- [7] M. Belloni, D. Tarsitano, and E. Sabbioni, “A Comprehensive Analysis of Energy Consumption in Battery-Electric Buses Using Experimental Data : Impact of Driver,” 2025.
- [8] A. Zhao, “Innovations and strategies for optimizing lithium-ion battery performance : From material advancements to system management,” vol. 0, pp. 144–149, doi: 10.54254/2755-2721/66/20240936.
- [9] S. Sofianiadi, P. Purwanto, and B. Riyanto, “POTENTIAL FOR CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN TRANSPORTATION SECTOR AND REDUCTION,” vol. 4, no. 2, pp. 32–34, 2021, doi: 10.24198/ecodev.v4i1.39132.
- [10] D. S. Puma-benavides *et al.*, “Comparative Analysis of Energy Consumption between Electric Vehicles and Combustion Engine Vehicles in High-Altitude Urban Traffic,” pp. 1–23, 2024.
- [11] Sumarno and N. Annisa, “Analisis Kinerja Operasional Transjakarta BuswayDalam Upaya Peningkatan Pelayanan,” *J. Logistik D III Transp. UNJ*, vol. 1, no. 1, pp. 38–50, 2008.
- [12] R. K. Sidiq, “Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroller Atmega16,” vol. 1, no., p. 56, 2015.
- [13] O. Vilppö and J. Markkula, “Feasibility of electric buses in public transport,” vol. 7, pp. 357–365, 2015.
- [14] N. H. Agus Purwadi, Jimmy Dozeno, “Testing Performance of 10 kW BLDC Motor and LiFePO<sub>4</sub> Battery on ITB-1 Electric Car Prototype.” Bandung, 40123, West Java, Indonesia, pp. 1074 – 1082, 2013.