

Analisis Pengisian Baterai Pada Stasiun Pengisian di Bus Listrik Low Entry Merk Skywell dan SAG

Analysis Of Battery Charging At Charging Stations In Skywell And Sag Brand Low Entry Electric Buses

Ghilan Rahmatillah¹, Frans Tohom², Joko Siswanto³

¹Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

²Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

³Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

¹ghilanrahmatillah@gmail.com, ²frans.tohom@pktj.ac.id, ³siswanto@pktj.ac.id

Abstrak

Bus listrik di zaman sekarang dinilai efektif dalam mengurangi polusi yang membahayakan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa dari pengisian baterai pada dua unit bus listrik jenis Low Entry yang beroperasi di jalur 4C Transjakarta, yaitu merk Skywell dan SAG. Penelitian ini dilaksanakan melalui observasi dan pengumpulan data selama 3 bulan terhadap proses pengisian daya di masing-masing stasiun pengisian. Sehingga kajian penelitian ini meliputi efisiensi konsumsi energi dan kecepatan pengisian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa stasiun pengisian Skywell lebih hemat dalam konsumsi daya, unit SAG memiliki tingkat konsistensi dan kecepatan yang lebih tinggi. Akan tetapi, secara keseluruhan, biaya operasional kedua bus listrik yaitu Skywell dan SAG jauh lebih rendah dibandingkan bus berbahan bakar solar. Hal tersebut menjadikan bahwa kendaraan listrik sebagai solusi transportasi yang lebih efisien secara ekonomi dan ramah lingkungan.

Kata kunci: bus listrik; pengisian daya; efisiensi energi

Abstract

Electric buses today are considered effective in reducing pollution that endangers society. This study aims to analyze the performance of battery charging in two units of Low Entry type electric buses operating on the 4C Transjakarta line, namely the Skywell and SAG brands. This research was carried out through observation and data collection for 3 months on the charging process at each charging station. This study include energy consumption efficiency and charging speed. The results of this study show that Skywell charging stations are more efficient in power consumption, SAG units have a higher level of consistency and speed. However, overall, the operating costs of the two electric buses, namely Skywell and SAG, are much lower than diesel-powered buses. This makes electric vehicles a more economically efficient and environmentally friendly transportation solution.

Keywords: electric buses; charging; energy efficiency

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, kendaraan listrik mengalami perkembangan yang signifikan sebagai respons terhadap meningkatnya kekhawatiran global terhadap emisi gas rumah kaca dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Pemerintah Indonesia turut mendukung transformasi ini melalui kebijakan percepatan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai sebagaimana tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019, sebagai upaya dekarbonisasi sektor transportasi darat [1][2]. Salah satu implementasi nyata kebijakan tersebut adalah penggunaan armada bus listrik oleh PT Transportasi Jakarta (Transjakarta) sebagai sarana transportasi umum di wilayah perkotaan [3].

Bus listrik dinilai memiliki sejumlah keunggulan, seperti menurunnya emisi karbon dioksida (CO₂), peningkatan efisiensi konsumsi energi, serta pengurangan biaya operasional jika dibandingkan dengan kendaraan konvensional berbahan bakar fosil [4][5]. Meskipun demikian, efisiensi serta kecepatan dalam proses pengisian daya baterai menjadi tantangan utama yang berdampak langsung terhadap produktivitas dan ketersediaan armada dalam operasional harian [6][7]. Oleh karena itu, kajian terhadap kinerja pengisian daya menjadi hal yang krusial guna menjamin keberlangsungan dan keandalan operasional kendaraan listrik. Bus listrik tipe low entry dari merek

Skywell dan SAG merupakan dua unit yang saat ini digunakan pada jalur layanan Transjakarta rute 4C. Kedua unit menggunakan metode pengisian daya berbasis stasiun pengisian (charging station) yang berbeda lokasi serta memiliki konfigurasi teknis yang tidak seragam. Perbedaan ini menimbulkan kebutuhan untuk mengevaluasi efisiensi konsumsi energi, durasi pengisian, serta biaya operasional masing-masing unit [8][9].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengevaluasi performa pengisian daya kendaraan listrik dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti suhu lingkungan, kapasitas baterai, serta jenis infrastruktur pengisian yang digunakan [10][11]. Namun, studi komparatif yang mengkaji dua merek bus listrik dalam konteks operasional nyata, khususnya di lingkungan perkotaan Indonesia, masih terbatas [12][13]. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komprehensif terhadap performa pengisian baterai pada bus listrik merek Skywell dan SAG yang beroperasi di wilayah Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan melalui observasi langsung selama tiga bulan terhadap proses pengisian daya, disertai dengan pengumpulan data kuantitatif seperti kapasitas daya terisi (kWh), durasi pengisian, serta efisiensi biaya jika dibandingkan dengan operasional bus konvensional berbahan bakar solar. Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis sebagai dasar pertimbangan dalam perencanaan pengembangan serta manajemen armada bus listrik di Indonesia [14][15][16].

2. Metode

Penelitian dilakukan di Divisi Teknik Sarana PT Transportasi Jakarta selama periode magang, data yang diambil yaitu selama 3 bulan data dikumpulkan secara harian selama 3 bulan berturut-turut melalui observasi langsung terhadap pengisian baterai di stasiun pengisian untuk masing-masing unit. Pengamatan difokuskan pada unit bus listrik yaitu Skywell dan SAG yang beroperasi di rute 4C. parameter penelitian yang diamati adalah presentase baterai awal dan akhir, waktu pengisian (dalam satuan jam) dan daya yang terisi (dalam satuan kWh). Perbandingan yang dilakukan yaitu rata-rata daya terisi dengan satuan kWh setiap pengisiannya serta kecepatan pengisian dengan memperhitungkan pengisian daya dan waktunya sehingga dapat ditentukan kecepatan dari pengisian.

Pengambilan data dilaksanakan dengan cara memantau unit selama 3 bulan di masing-masing stasiun pengisian. Data dicatat oleh petugas operator atau agen pemegang merk (APM) untuk dimonitoring pada saat pengisian. Tahapan tersebut berupa baterai awal dan akhir pengisian, waktu pengisian seperti awal bus tersebut melakukan pengisian dan akhir pengisian serta jumlah kWh yang dikeluarkan stasiun pengisian dalam mengisi unit tersebut secara manual. Setelah sudah dicatat, data tersebut akan diinput setiap harinya sehingga dapat dilakukannya analisis mengenai performa baterai dan stasiun pengisian.



Gambar 1 Stasiun Pengisian

Pelaksanaan analisis kecepatan arus pengisian baterai menggunakan rumus untuk menghitungnya yaitu kecepatan pengisian (kWh/menit) = Daya yang dikeluarkan (kWh) / waktu yang diperlukan dalam pengisian (menit). Kedua pengisian baterai tersebut mengalami perbedaan spesifikasi oleh karena itu kecepatan dan pengeluaran daya juga akan terpengaruh oleh spesifikasi stasiun pengisian tersebut. Spesifikasi dari baterai bus Skywell dan SAG dan spesifikasi dari stasiun pengisian kedua bus tersebut:

NO	Spesifikasi	SAG	Skywell
1	Output voltage (V)	DC200-1000	DC200-1000
2	Output current (A)	200 (single gun)	Max. 250A
3	Output power (kW)	200	60/80/120/160/180/200/240/300/320k

Akan tetapi ada juga beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan pengeluaran daya dan kecepatan dari kedua charging tersebut. Meskipun begitu, analisis ini dijadikan batasan penelitian karena perlunya data penyebab hasil analisis. Berikut adalah penjelasan mengenai penyebab kecepatan pengisian yang tidak stabil:

- Daya Charging Station

Daya pada charging station adalah salah satu faktor yang paling mempengaruhi pengisian baterai, daya sendiri memiliki arti yaitu perpindahan energi atau kecepatan dalam melakukan suatu usaha, jika daya yang diterima oleh charging station itu kecil maka daya yang dialirkan oleh charging station ke baterai akan kecil juga dan akan membutuhkan waktu yang cukup lama.

b. Suhu Udara

Suhu udara yang dimaksud yaitu suatu keadaan atau cuaca yang berada di sekitar station charging ketika bus sedang melakukan pengisian baterai. Suhu udara juga termasuk ke dalam faktor yang mempengaruhi kecepatan pengisian baterai bus listrik. Jika suhu udara atau cuaca sedang panas maka akan mempengaruhi temperatur baterai yang sedang dilakukannya pengisian. Oleh karena itu baterai yang terkena suhu panasnya udara luar maka pengisian baterai menjadi cukup lama.

c. Temperatur Baterai

Temperatur Baterai pada suatu suhu dari kondisi baterai juga akan berpengaruh ke kecepatan pengisian pada baterai tersebut. Apabila temperatur baterai sedang tidak stabil atau panas dengan suhu 20-30 C maka pengisian daya akan melakukan reaksi kimia antara lithium dengan listrik sehingga akan terpecah dan tidak stabil dalam pengisian baterainya.

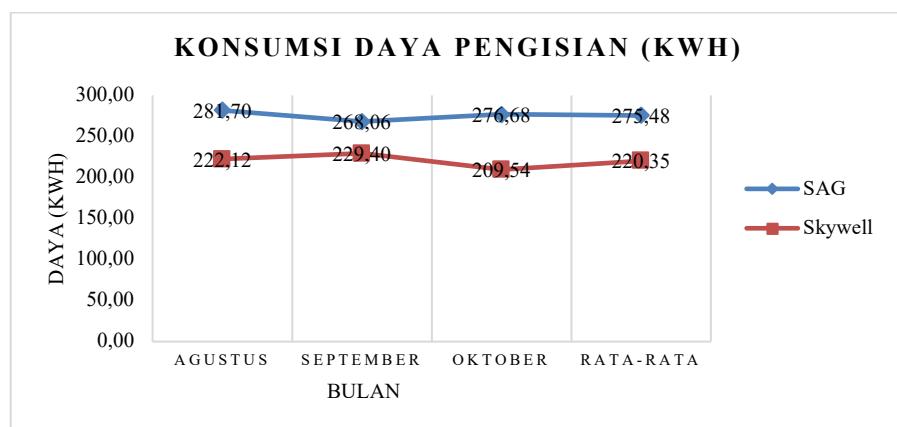
d. State of Charge (SoC) Battery

State of Charge ini adalah persentase dari awal baterai itu di charging. Menurut Aditya koordinatir evaluasi pada bus listrik di setiap baterai bus listrik terdapat sistem pengaman yaitu BMS (Battery Management System). Sistem tersebut berfungsi untuk memberitahu charging station agar daya dapat menurunkan daya yang diberikan pada baterai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengisian Daya

Hasil pengisian daya yang dilakukan selama 3 bulan dihitung dengan dijadikan rata-rata untuk perharinya. Dengan mencatat setiap bus yang setelah beroperasi di rute 4C ini mengalami. Bus Skywell memiliki rata-rata pengisian perbulan sebesar 222,12 kWh (agustus), 229,40 kWh (september), dan 209,54 kWh (oktober). Bus SAG mencatat daya pengisian dengan rata-rata sebesar 281,70 kWh (agustus), 268,06 kWh (september) dan 276,68 kWh (oktober). Berikut adalah grafik dari rata-rata pengisian dalam 3 bulan:



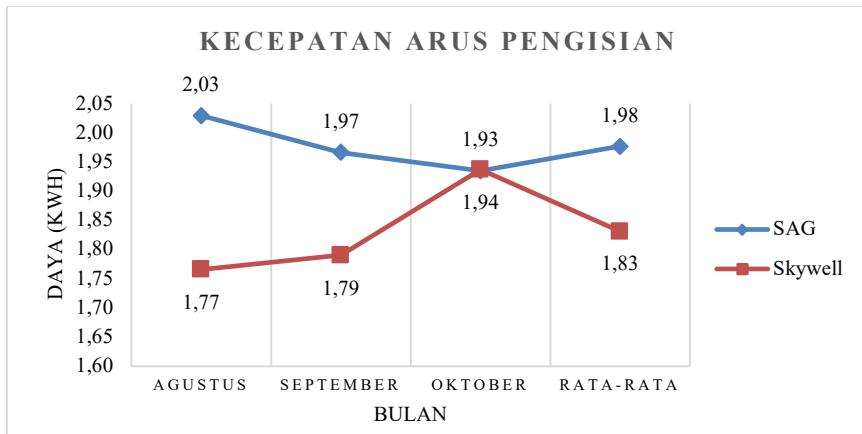
Gambar 2 Rata-rata Pengisian dalam 3 bulan

Grafik pengisian menunjukkan bahwa SAG secara umum mengonsumsi daya lebih besar pengisian dibandingkan Skywell, akan tetapi pengisian berlangsung dengan waktu yang relatif sebanding atau lebih singkat. Selama periode tiga bulan dari Agustus hingga Oktober, dilakukan pemantauan terhadap konsumsi daya dua jenis bus listrik, yaitu Bus SAG dan Bus Skywell. Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat bahwa Bus SAG secara konsisten memiliki tingkat konsumsi daya yang lebih tinggi dibandingkan Bus Skywell. Pada bulan Agustus, Bus SAG mencatatkan penggunaan daya sebesar 281,7 kWh, sementara Bus Skywell hanya menggunakan 222,11 kWh. Memasuki bulan September, terjadi penurunan konsumsi daya pada Bus SAG menjadi 268,06 kWh, sedangkan Bus Skywell mengalami sedikit peningkatan menjadi 229,4 kWh. Kemudian pada bulan Oktober, Bus Skywell menunjukkan penurunan signifikan dalam penggunaan daya hingga mencapai 209,54 kWh, sedangkan konsumsi daya Bus SAG di bulan oktober menurun tetapi tidak terlalu besar, yaitu 276,68 kWh. Dari tren ini dapat disimpulkan bahwa meskipun awalnya Bus SAG lebih boros energi dibandingkan Bus Skywell, perbedaan

konsumsi daya antara keduanya semakin mengecil seiring waktu. Bahkan pada bulan terakhir pengamatan, keduanya menunjukkan nilai konsumsi daya yang identik.

3.2 Kecepatan Pengisian Daya

Perhitungan kecepatan pengisian daya dilakukan selama 3 bulan dengan mengambil rata-rata daya yang dikeluarkan station charging dan waktu yang diperlukan dalam melakukan pengisian. Waktu saat pengisian juga perlu diperhitungkan dalam mengisi baterai bus listrik. Hal ini juga berpengaruh saat terjadinya pengefesiensi pergantian charging dari unit satu ke unit lain.



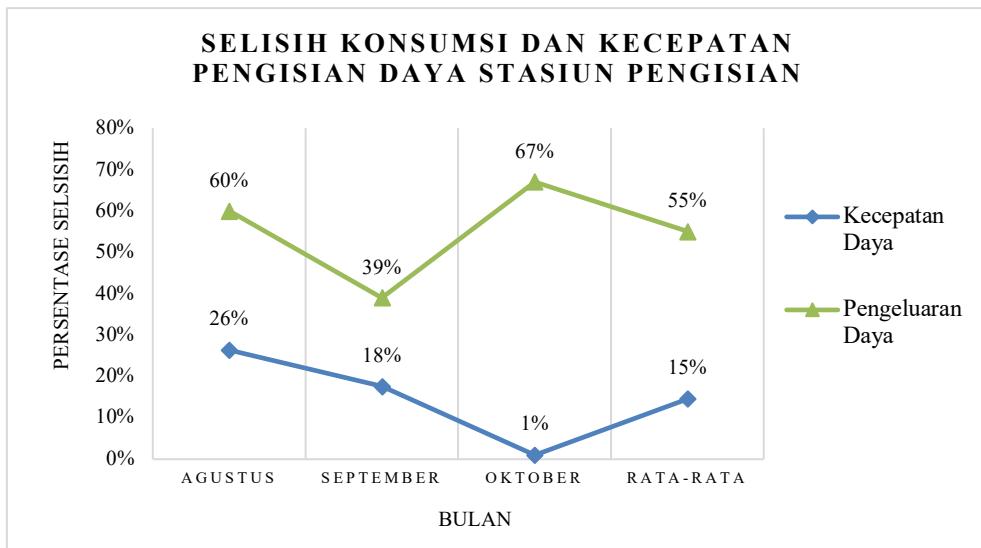
Gambar 3 Rata-rata Kecepatan Pengisian selama 3 bulan

Kecepatan pengisian daya selama 3 bulan memiliki rata-rata sebesar 1,83 kWh/menit untuk bus Skywell sedangkan untuk bus SAG memiliki rata-rata 2,00 kWh/menit. Hasil menunjukkan bahwa kecepatan pengisian daya bus Skywell kurang begitu stabil dengan lonjakan kecepatan dari bulan september ke bulan oktober dengan kenaikan 0,15 kWh/menit. Sedangkan kecepatan pengisian bus SAG tidak adanya penurunan dan kenaikan yang signifikan. Meskipun dari hasil rata-rata kecepatan memiliki perbedaan yang kecil, terdapat faktor yang menyebabkan kecepatan pengisian baterai antara lain: pengeluaran daya dari *charging station*, Suhu udara (lingkungan), Temperatur baterai bis, dan SOC baterai dari awal pengisian.

3.3 Selisih Arus Stasiun Pengisian

Selama periode observasi tiga bulan, ditemukan adanya perbedaan signifikan dalam konsumsi energi antara bus listrik Skywell dan SAG. Bus SAG menunjukkan angka konsumsi daya yang secara konsisten lebih tinggi dibandingkan Skywell. Pada bulan Agustus, misalnya, rata-rata daya yang diserap bus SAG mencapai 281,70 kWh per hari, sementara Skywell hanya membutuhkan 222,11 kWh. Meskipun terdapat fluktuasi pada kedua unit di bulan-bulan berikutnya, tren menunjukkan bahwa Skywell cenderung lebih hemat energi. Bahkan pada bulan Oktober, saat keduanya mencatat konsumsi sebesar 276,68 kWh, peningkatan pada Skywell merupakan anomali dibanding dua bulan sebelumnya, yang secara umum memperlihatkan efisiensi lebih tinggi. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa dalam aspek efisiensi energi, Skywell lebih unggul karena mampu mengoperasikan unitnya dengan beban listrik harian yang lebih rendah, sehingga berpotensi menekan biaya operasional secara keseluruhan.

Kecepatan pengisian baterai juga menjadi indikator kunci dalam menilai performa kedua unit. Hasil analisis menunjukkan bahwa bus SAG memiliki kecepatan pengisian yang lebih tinggi dan stabil dibandingkan Skywell. Dalam pengukuran selama tiga bulan, kecepatan rata-rata pengisian SAG berada pada angka 2,00 kWh/menit, sedangkan Skywell hanya mencapai 1,83 kWh/menit. Selain itu, kecepatan pengisian Skywell mengalami lonjakan yang cukup signifikan antara bulan September dan Oktober, menandakan kurangnya kestabilan dalam proses pengisian daya. Performa SAG yang lebih konsisten dapat dikaitkan dengan spesifikasi teknis dari stasiun pengisian dan sistem manajemen baterai (BMS) yang dimiliki. Namun, kecepatan yang lebih tinggi ini juga berkonsekuensi terhadap meningkatnya total energi yang dikonsumsi, seperti yang tercermin pada perbandingan pengeluaran daya sebelumnya. Perhitungan grafik presentase dihitung dengan rumus kecepatan pengisian adalah (Kecepatan pengisian SAG-Kecepatan Pengisian Skywell)*100% dan rumus pengeluaran daya adalah pengeluaran pengisian SAG-pengeluaran daya Pengisian Skywell)*100%. Berikut adalah hasil grafik dari perhitungan rumus kecepatan pengeluaran konsumsi daya:



Gambar 4 Selisih Konsumsi dan Kecepatan Daya Pengisian

Grafik di atas menggambarkan perbandingan persentase selisih antara dua parameter penting pada proses pengisian daya bus listrik Skywell dan SAG, yaitu pengeluaran arus dan kecepatan arus selama tiga bulan periode pengamatan. Data ditampilkan dalam bentuk persentase per bulan serta nilai rata-rata. Pada bulan Agustus, selisih pengeluaran arus mencapai 60%, sedangkan selisih kecepatan arus tercatat sebesar 26%. Ini menunjukkan bahwa perbedaan dalam volume daya yang disuplai ke kedua unit cukup besar, meskipun laju pengisian tidak terlalu berbeda. Memasuki bulan September, terjadi penurunan pada kedua parameter, di mana selisih pengeluaran arus menjadi 39% dan kecepatan arus turun menjadi 18%. Penurunan ini bisa menandakan adanya perbaikan efisiensi atau penyesuaian teknis pada salah satu stasiun pengisian. Pada bulan Oktober terdapat penurunan yang sangat signifikan, di mana selisih kecepatan arus menurun drastis menjadi hanya 1%, menandakan kecepatan pengisian kedua unit hampir identik. Namun demikian, selisih pengeluaran arus justru melonjak menjadi 67%, mengindikasikan bahwa meskipun waktu pengisian hampir sama, energi yang dikeluarkan masih sangat berbeda. Nilai rata-rata selama periode pengamatan menunjukkan bahwa selisih pengeluaran arus lebih besar secara keseluruhan (55%) dibandingkan selisih kecepatan arus (15%). Apabila nilai persentase selisih kecepatan dihitung dari nilai absolut selisih dibagi dengan rata-rata kecepatan yang sudah didapatkan menghasilkan 1,73% pada bulan agustus, 1,2% untuk bulan september dan 0,06% untuk bulan oktober. Sedangkan perhitungan nilai absolut pGrafik menunjukkan dinamika selisih kecepatan arus pengisian baterai antara bus Skywell dan SAG selama tiga bulan pengamatan. Pada bulan Agustus, selisih kecepatan pengisian tercatat sebesar 0,26 kWh/menit, yang kemudian mengalami penurunan menjadi 0,18 kWh/menit pada bulan September. Penurunan yang paling signifikan terjadi pada bulan Oktober, di mana selisih hampir mencapai nol (0,01 kWh/menit), yang mengindikasikan bahwa kecepatan pengisian kedua unit pada bulan tersebut hampir setara. Nilai rata-rata selama tiga bulan berada pada angka 0,15 kWh/menit.

3. Simpulan

Efisiensi Pengisian Daya selama tiga bulan pengoperasian di Rute 4C, bus listrik Skywell terbukti lebih efisien dalam penggunaan daya dibandingkan bus SAG, karena membutuhkan energi yang lebih rendah setiap harinya, sehingga menekan biaya operasional. Sementara itu, bus SAG memerlukan daya lebih besar, yang berdampak pada tingginya biaya pengisian. Kecepatan Pengisian Baterai pada bus SAG cenderung lebih stabil dan cepat dibandingkan Skywell. Namun, kecepatan ini menyebabkan konsumsi daya yang lebih tinggi, yang berimplikasi pada peningkatan biaya operasional. Selain itu, hasil dari kedua variabel yaitu pengeluaran daya dan kecepatan pengisian di tampilkan selisih yang terjadi diantara dua variabel tersebut. Akan tetapi terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kecepatan arus pada stasiun pengisian tidak konsisten, diantaranya daya charging station, suhu udara, temperatur baterai dan State of Charge (SoC) Battery Dengan demikian, bus listrik secara keseluruhan lebih hemat dibandingkan bus konvensional berbahan bakar solar. Pada saran penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan sampel yang lebih banyak sehingga hasil lebih akurat dan titik rute operasional bus juga tidak hanya satu rute saja. Selain itu fokus penelitian selanjutnya juga diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat meningkatkan dari segi perbandingan efisiensi pengisian charging dengan lebih kompleks dan lengkap serta lebih memperhatikan setiap aspek yang dapat mempengaruhi pengisian baterai. Hal tersebut dapat dilakukan analisis pengaruh kurva pengisian terhadap kesehatan baterai jangka panjang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Transportasi Jakarta, khususnya Departemen Standardisasi, Penelitian dan Pengembangan Sarana, serta dosen pembimbing atas dukungan dan bimbingannya.

Kontribusi

1. Ghilan Rahmatillah (Melakukan observasi dan penelitian secara langsung)
2. Frans Tohom (Mininjau litelatur terkait, membantu dalam interpretasi data)
3. Joko Siswanto (Merancang konsep penelitian, menyusun metodologi, serta melakukan analisis data)

Referensi

- [1] Susanti, N. L. (2021). Kebijakan Pemerintah dalam Percepatan Kendaraan Listrik. *Jurnal Transportasi Nasional*, 9(2), 45–53.
- [2] Presiden Republik Indonesia. (2019). Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019
- [3] Wahyuni, D., & Kurniawan, A. (2022). Evaluasi Penggunaan Bus Listrik Transjakarta. *Jurnal Rekayasa Transportasi*, 11(1), 23–30.
- [4] Zhang, Y., et al. (2021). Comparison of Electric Bus Energy Efficiency with Diesel Bus. *Applied Energy*, 288, 116667.
- [5] Xu, R., et al. (2020). Lifecycle Cost Assessment of Electric Buses. *Transportation Research Part D*, 85, 102398.
- [6] Budianto, A., & Pratama, H. (2023). Analisis Kecepatan Pengisian Baterai Bus Listrik di Jakarta. *Jurnal ElektroMobilitas*, 3(1), 12–19.
- [7] Chen, Y., et al. (2022). Fast Charging Behavior and Impact on Battery Life in Electric Buses. *Energy Reports*, 8, 3591–3601.
- [8] Rahardjo, F., et al. (2024). Perbandingan Kinerja Pengisian Daya Antara Bus Listrik Skywell dan Yutong. *Jurnal Energi & Transportasi*,
- [9] Novita, R., & Lestari, A. (2021). Efisiensi Energi pada Bus Listrik dengan Sistem Charging Station. *Jurnal Teknik Mesin*, 17(2), 58–66.
- [10] Lee, J., et al. (2020). Effect of Battery Temperature on Charging Efficiency. *Journal of Power Sources*, 479, 228803.
- [11] Liu, W., & Wang, H. (2020). Real-world Charging Behavior of Electric Bus Fleets. *Energy Policy*, 144, 111620.
- [12] Harahap, R., & Putri, E. M. (2023). Studi Kinerja Operasional Bus Listrik di Perkotaan. *Jurnal Inovasi Transportasi*, 4(2), 87–95.
- [13] Wijaya, K., & Andika, T. (2022). Simulasi Penggunaan Charging Station pada Bus Listrik. *Jurnal Energi Terbarukan*, 6(1), 41–49.
- [14] Sitorus, R., & Hidayat, S. (2020). Analisa Efisiensi Operasional Kendaraan Listrik di Indonesia. *Jurnal Keteknikan*, 22(3), 151–159.
- [15] Fang, H., et al. (2023). Optimal Scheduling of EV Charging in Urban Transit Systems. *Journal of Cleaner Production*, 403, 136716.
- [16] Utami, S., & Yulianto, A. (2025). Pengaruh Infrastruktur Pengisian terhadap Efisiensi Bus Listrik. *Jurnal Rekayasa Energi*, 9(1), 25–32.
- [17] Kementerian ESDM. (2020). Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2020.