

Rancang Bangun Baterai Estimator Pada Kendaraan Listrik Dengan Metode *Fuzzy Logic*

Muhammad Furqon¹, Nofan Dwi Cahya Ramadhani¹, Achmad Afandi¹, Bayu Praharsena¹, A Labib Fardany¹, Ahmad Mustofa¹

¹ Jurusan Teknologi Elektro, Politeknik Negeri Madura, Jl. Raya Camplong KM.4 Taddan, Camplong, Sampang, Jawa Timur, 69281, Indonesia

E-mail: furqon_muhammad@poltera.ac.id, nofandcr17@gmail.com, achmadafandi1025@gmail.com, bayu@poltera.ac.id, a.labib@poltera.ac.id, mustofaahmad327@gmail.com.

Abstrak

Baterai adalah komponen utama kendaraan listrik yang penting untuk kinerja optimal dan keamanan. Penelitian ini mengembangkan sistem estimasi kapasitas baterai menggunakan metode *Fuzzy Logic* Sugeno dengan input tegangan dan arus, serta *output* berupa *remaining time* (sisa waktu). Implementasi dilakukan pada *platform* Arduino dan dibandingkan dengan simulasi MATLAB. Data dari kedua *platform*, Arduino dan MATLAB, dianalisis untuk mengevaluasi keakuratan dan konsistensi hasil estimasi. Sistem ini juga dilengkapi dengan sensor GPS untuk mengetahui titik koordinat kendaraan listrik, meskipun data ini tidak digunakan dalam proses estimasi kapasitas baterai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* Sugeno memberikan estimasi *remaining time* baterai yang akurat. Perbandingan hasil estimasi antara Arduino dan simulasi MATLAB menunjukkan konsistensi, meskipun terdapat perbedaan kecil akibat perbedaan implementasi dan lingkungan eksekusi. Dengan demikian, sistem ini dapat diandalkan untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional kendaraan listrik.

Kata Kunci: Baterai;GPS;Fuzzy Logic Sugeno;MATLAB

Abstract

The battery is a key component of an electric vehicle that is critical for optimal performance and safety. This research develops a battery capacity estimation system using the Fuzzy Logic Sugeno method with input voltage and current, and output in the form of remaining time. Implementation was carried out on the Arduino platform and compared with MATLAB simulation. Data from both platforms, Arduino and MATLAB, were analyzed to evaluate the accuracy and consistency of the estimation results. This system is also equipped with a GPS sensor to determine the coordinates of electric vehicles, although this data is not used in the battery capacity estimation process. The research results show that the Fuzzy Logic Sugeno method provides an accurate estimate of remaining battery time. Comparison of estimation results between Arduino and MATLAB simulations shows consistency, although there are small differences due to differences in implementation and execution environment. Thus, this system can be relied on to increase the operational efficiency and safety of electric vehicles.

Keywords: Battery;GPS;Fuzzy Logic Sugeno;MATLAB

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dan vital bagi manusia dalam kehidupan sehari-hari. Kebutuhan energi yang semakin meningkat, menyebabkan pengembangan dalam sistem penyimpanan energi juga semakin pesat. Penyimpanan energi sangat diandalkan untuk pasokan energi, salah satunya adalah baterai [1]. Baterai estimator pada kendaraan listrik adalah komponen penting yang bertugas memperkirakan jangkauan atau sisa daya yang tersisa dalam baterai kendaraan. Estimator ini memanfaatkan berbagai data dan parameter untuk memberikan perkiraan yang akurat kepada pengemudi mengenai berapa lama lagi kendaraan dapat digunakan sebelum pengisian ulang.

Baterai estimator mengumpulkan informasi tentang kondisi baterai, seperti kapasitas total baterai, dan sisa energi yang tersimpan didalam baterai. Data dari baterai estimator memberikan perkiraan jarak tempuh atau waktu yang tersisa sebelum baterai habis.

Penggunaan kendaraan listrik di Indonesia semakin tahun mengalami peningkatan, sedangkan Charging Station di wilayah Indonesia belum tersebar secara merata. Padahal, satu-satunya sumber tenaga dari kendaraan listrik adalah energi yang tersimpan didalam baterai. Estimasi nilai state of charge yang akurat diperlukan untuk menghindari kerusakan sistem dan mencegah keadaan over discharge yang menyebabkan kerusakan permanen pada baterai [2]. Oleh karna itu diperlukan sistem monitoring baterai estimator untuk menjaga performa dan estimasi nilai SOC (State of

Charge) yang akurat [11,12]. Berdasarkan permasalahan diatas, penulis membuat sebuah inovasi untuk menjawab permasalahan tersebut dengan judul “Rancang Bangun Baterai Estimator pada Kendaraan Listrik menggunakan logika fuzzy”. Logika Fuzzy merupakan proses pengambilan kesimpulan berdasarkan ketentuan yang bertujuan untuk memecahkan masalah yang mana sistem tersebut sulit untuk disimulasikan atau terdapat kesamaran dan ketidakpastian yang berlimpah. Logika Fuzzy digunakan untuk menyatakan besaran nilai yang diibaratkan dalam bahasa. Logika Fuzzy memiliki kelebihan pada penguasaan kelogisan dari segi bahasa, sehingga dalam perancangan tidak memerlukan persamaan matematis yang rumit dari objek yang dikendalikan [3].

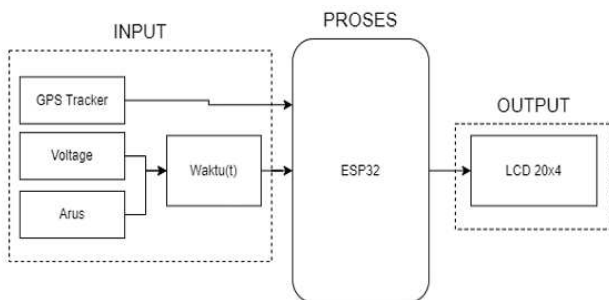
Metode peramalan dengan logika fuzzy digunakan untuk mengolah data historis. Metode ini dapat digunakan untuk meramalkan data yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif. Dalam baterai estimator, logika fuzzy dapat digunakan untuk memprediksi penggunaan daya baterai berdasarkan data historis. Data historis tersebut dapat berupa tingkat persentase baterai, durasi pemakaian, dan aktivitas yang dilakukan.

Prediksi penggunaan daya baterai kemudian dapat dikonversi ke jarak tempuh dengan menggunakan faktor konversi yang spesifik untuk kendaraan listrik tersebut. Faktor konversi ini dapat diperoleh dari pengujian kendaraan listrik tersebut.

II. METODE

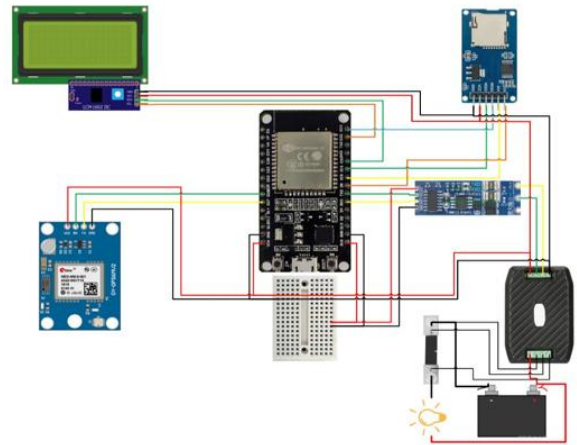
A. Perancangan Alat

Berikut adalah blok diagram rangkaian elektronik dari sistem monitoring baterai estimator



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian Elektronik

Pada Gambar 1 ditunjukkan blok diagram rangkaian elektronik dari sistem monitoring baterai estimator dimana keluaran dari sensor Pzem-17 yaitu hasil pembacaan nilai tegangan dan arus, serta GPS Tracker akan diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan kemudian output yang dihasilkan dari proses tersebut akan ditampilkan di output LCD 20x4. Sedangkan untuk wiring diagram dari rangkaian elektronik sistem monitoring baterai estimator ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Wiring Diagram Rangkaian Elektronik Sistem Monitoring Baterai Estimator

Pada Gambar 2. Ditunjukkan tentang wiring diagram dari rangkaian elektronik sistem monitoring baterai estimator, dimana dalam rangkaian ini catu daya baterai 72v diturunkan menjadi 5v dengan menggunakan stepdown, kemudian catu daya 5v tersebut dijadikan catu daya dari mikrokontroler ESP32. Sensor Pzem-017 digunakan untuk mendapatkan data tegangan dan arus dari baterai dan GPS Neo 6M digunakan untuk mendapatkan titik koordinat dari kendaraan listrik yang kemudian data-data tersebut akan diolah oleh mikrokontroler ESP32. Sedangkan modul sd-card digunakan sebagai datalogger untuk menyimpan data dari sensor Pzem-017 dan GPS Neo 6M, kemudian output dari pembacaan sensor akan ditampilkan juga di LCD 20x4.

B. Desain Fuzzy Logic

Logika Fuzzy adalah metode yang dasarnya dari sistem kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) yang dapat menirukan kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika Fuzzy menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis [6]. Fuzzy Logic Sugeno memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh sistem fuzzy murni untuk menambah suatu perhitungan matematika sederhana sebagai bagian THEN. Pada perubahan ini, system fuzzy memiliki suatu nilai rata-rata tertimbang (Weighted Average Values) di dalam bagian aturan fuzzy IF-THEN cakupannya [7]. Berikut adalah tahapan untuk menentukan discharge atau SoC baterai dengan Metode fuzzy logic.

1. Menentukan *Input* dan *Output* Fuzzy:

- *Input Fuzzy* = Tegangan baterai (V), Arus baterai (A)
- *Output Fuzzy* = Waktu(t)

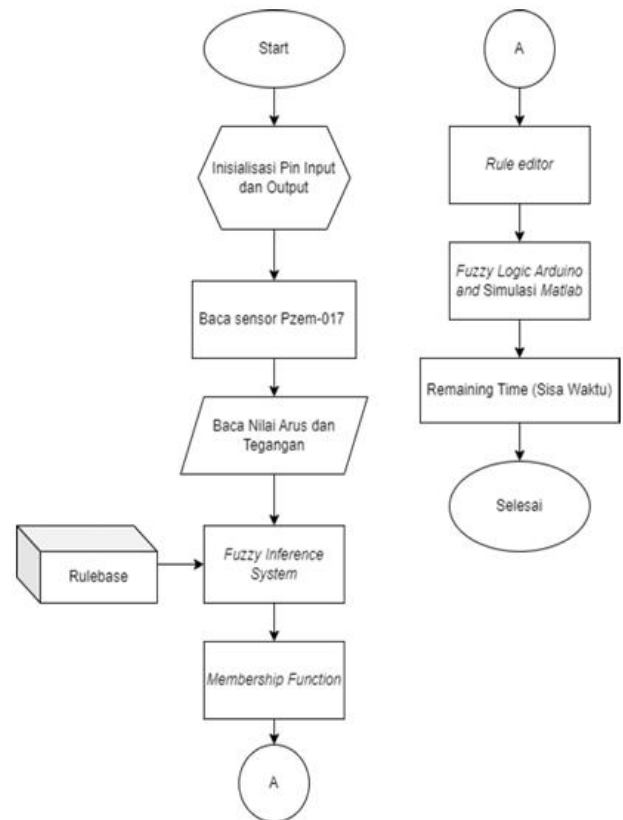
2. Mendefinisikan Himpunan *Fuzzy*:

- Tegangan = Rendah, Sedang, Tinggi

- Arus = *Discharge* Tinggi, *Discharge* Rendah
3. Merumuskan Aturan *fuzzy*:
 - IF Tegangan Rendah AND Arus *Discharge* Rendah THEN SOC Rendah
 - IF Tegangan Sedang AND Arus *Discharge* Tinggi THEN SOC Sedang
 - IF Tegangan Tinggi AND Arus *Charge* Tinggi THEN SOC Tinggi.
 4. Melakukan *Fuzzy Inference*:
 - Mengaplikasikan aturan *fuzzy* terhadap nilai input yang diukur.
 5. *Defuzzifikasi*
 - Mengubah nilai output *fuzzy* (yang merupakan himpunan) menjadi nilai *output crisp* (angka tunggal)/ Waktu(T).
 6. Mendapatkan Nilai SOC
 - Nilai SOC yang didapatkan dari proses *defuzzifikasi* merupakan hasil estimasi SOC baterai menggunakan metode *fuzzy* sugeno.

C. Desain Sistem Monitoring Baterai Estimator

Pada saat sistem dijalankan, sensor Pzem-017 akan membaca nilai arus dan tegangan pada baterai, kemudian data arus dan tegangan tersebut akan diolah dengan menggunakan logika *fuzzy* untuk dikelompokkan dengan *fuzzyfikasi*. Algoritma metode *fuzzy* yang digunakan pada sistem ini, terlebih dahulu disimulasikan dengan menggunakan software MATLAB, yang selanjutnya hasil rulebase dari simulasi tersebut ditanamkan pada mikrokontroler. Dengan melakukan pengujian konvensional, data pembacaan dari sensor Pzem-017 yang berupa nilai arus dan tegangan akan dicatat dan diolah dengan *fuzzy logic*, dimana hasil keluaran dari *defuzzifikasi* akan berupa data Waktu(t) yang akan menjadi notifikasi *remaining time* (sisa waktu) dari baterai yang digunakan pada kendaraan listrik. GPS *tracker* juga digunakan untuk mengetahui perpindahan posisi secara realtime dari kendaraan, dari titik keberangkatan, hingga posisi terakhir dari kendaraan listrik. Desain dari sistem monitoring baterai estimator ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Baterai Estimator

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pembahasan Sistem Baterai dengan Fuzzy Logic

Pada percobaan perkiraan konsumsi baterai menggunakan metode logika *fuzzy* untuk memperkirakan konsumsi baterai berdasarkan dua parameter utama: tegangan (*voltage*) dan arus (*ampere*). Sistem ini dirancang untuk memberikan estimasi yang lebih akurat mengenai sisa waktu penggunaan baterai, dengan mempertimbangkan ketidakpastian dan variabilitas dari parameter input. Data yang diperoleh dibandingkan antara data simulasi Matlab dengan data sample *fuzzy logic* sehingga dapat diketahui persentase *error* dari *remaining time* yang diperlihatkan pada table 1.

Table 1.

Hasil Pengujian Remaining Time Baterai

Pegujian Ke-	Pegujian Baterai Time Remaining		Error (%)
1	Fuzzy logic arduino	Simulasi Matlab	0
	Voltage: 76.63 V	Voltage: 76.6 V	
	Current: 3.77 A	Current: 3.77 A	
2	Remaining Time (Sisa waktu): 876 menit	Remaining Time (Sisa waktu): 876 menit	0.011
	Voltage: 76.68 V	Voltage: 76.7 V	
	Current: 12.01 A	Current: 12 A	
3	Remaining Time (Sisa waktu): 713.92menit	Remaining Time (Sisa waktu): 714 menit	0.16
	Voltage: 73.05 V	Voltage: 73 V	
	Current: 7.31 A	Current: 7.31 A	
4	Remaining Time (Sisa waktu): 237.61 menit	Remaining Time (Sisa waktu): 238 menit	5.6
	Voltage: 72.02 V	Voltage: 72 V	
	Current: 18.96 A	Current: 19 A	
5	Remaining Time (Sisa waktu): 25.96 menit	Remaining Time (Sisa waktu): 24.5 menit	0
	Voltage: 70 V	Voltage: 70 V	
	Current: 7.81 A	Current: 7.81 A	
6	Remaining Time (Sisa waktu): 6.72 menit	Remaining Time (Sisa waktu): 6.72 menit	0
	Voltage: 68.91 V	Voltage: 68.9 V	
	Current: 9.96 A	Current: 9.96 A	
Rata-rata	Remaining Time (Sisa waktu): 0 menit	Remaining Time (Sisa waktu): 0 menit	0.96

Pada pengujian hasil ini dilakukan dengan cara mencoba secara *realtime rule fuzzy logic* arduino dengan menggunakan sensor Pzem-017 pada baterai kendaraan listrik Uwinfly T3S Pro. Setelah itu, data tersebut di *record* dan diimplementasikan sebagai pembandingan dari hasil *fuzzy logic* pada simulasi Matlab. Apakah sesuai pembacaan arus dan tegangan sensor Pzem-017 *fuzzy logic* arduino dengan Simulasi Matlab.

B. Hasil Perbandingan Case Real

Pada percobaan hasil perbandingan *case real discharge* untuk memperkirakan konsumsi baterai actual dengan metode *fuzzy logic*. Memberikan estimasi yang lebih akurat mengenai sisa waktu penggunaan baterai, dengan mempertimbangkan ketidakpastian dan variabilitas dari parameter input. Data yang diperoleh dibandingkan antara data *case real fuzzy logic* dengan data simulasi matlab sehingga dapat diketahui persentase *error* dari jarak sistematis yang diperlihatkan pada tabel. Berikut rumus perhitungan error dibawah ini

$$\%Error = \left(\frac{\text{nilai jarak real} - \text{nilai fuzzy logic}}{\text{nilai jarak real}} \right) \times 100\%$$

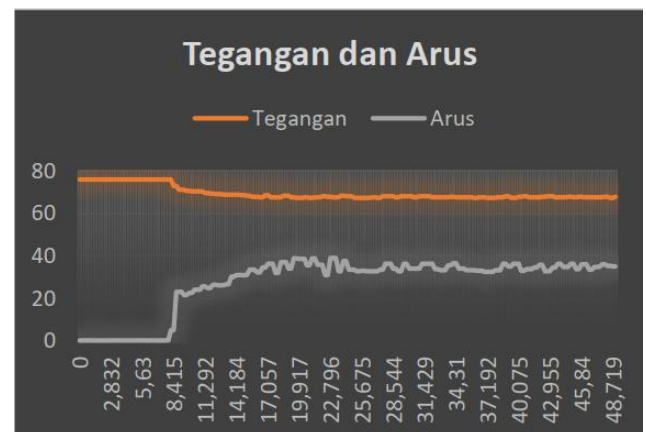
Berikut adalah hasil uji coba yang telah dilakukan:

Table 2.

Hasil %Error Jarak Real dan Fuzzy Logic

Pegujian Ke-	Kecepatan		Error Jarak (%)
	Jarak Real	Jarak Fuzzy	
1	466 Meter	0 Meter	100
2	2.404 Km	2.888 Km	20
3	45.37 Km	46.12 Km	1.6
Rata-rata			40%

Tabel 2 *error* jarak diatas adalah hasil *case* perbandingan dari kondisi *realtime*. Beberapa perbandingan *case realtime* tersebut mendapat hasil sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Discharge Percobaan 1

Berdasarkan Grafik pada Gambar 4, dengan melihat perbandingan dari tabel 2 pada pengujian ke-1 yaitu hasil dari *case real* dengan nilai rata-rata (*average*) mendapatkan hasil 69V untuk tegangan dan 33A untuk arusnya pada gas 35km/h *display* motor. Dari kedua parameter tegangan dan arus diatas di dapatkan *discharge* selama 48 detik. Sedangkan pada gambar simulasi matlab jika dimasukkan parameter diatas dengan nilai sama yaitu 69V dan 33A, maka mendapatkan hasil 0 Menit. Jadi dari hasil *rule fuzzy* yang dibuat dengan uji coba secara *real* mendapatkan hasil yang tidak terlalu jauh antara satuan detik dan menit, karena hasil pembacaan *realtime* ditempuh selama 48 detik sedangkan hasil pembacaan simulasi matlab 0 Menit.

$$\text{Konversi Kecepatan: } 1\text{km/H} = \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = \frac{5}{8} \text{ ms}$$

$$35\text{km/h} = 35 \times \frac{5}{8} \text{ m/s} = 9.72 \text{ ms}$$

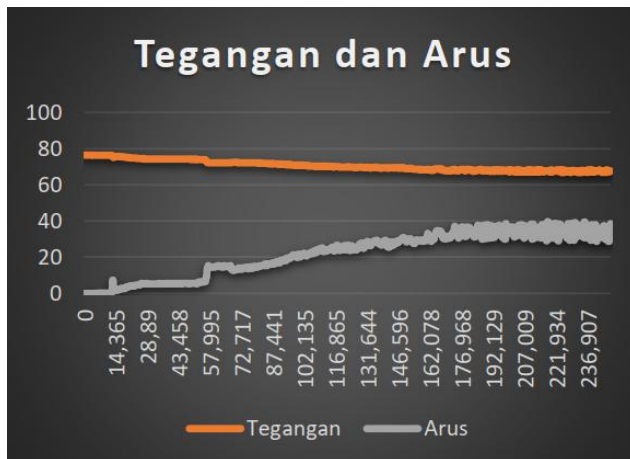
Hitung Jarak *case real*:

Jarak = Kecepatan x Waktu

Jarak = 9.72 ms x 48 s

Jarak = 466.56 m

Jadi, jarak yang bisa ditempuh adalah sekitar 466.56 meter.



Gambar 5. Grafik *Discharge* Percobaan 2

Berdasarkan Grafik pada Gambar 5 dapat dilihat perbandingan dari tabel 2 pada pengujian ke-2 yaitu hasil dari *case real* dengan nilai rata-rata (*average*) mendapatkan hasil 71.6V dan arus 22.9A pada gas 35km/h *display* motor. Dari gambar grafik diatas kedua parameter tegangan dan arus diatas di dapatkan *discharge* selama 4.12 menit. Sedangkan pada gambar hasil simulasi matlab jika dimasukkan parameter diatas dengan nilai yang sama yaitu 71.6V dan arus 22.9A, maka mendapatkan hasil 4.95 menit. Jadi dari hasil *rule fuzzy* yang dibuat dengan uji coba secara *real* mendapatkan hasil yang tidak terlalu jauh sama di nilai 4 menit dengan berbeda mili detik yaitu 20% *error* selisih 83 mili detik.

$$\text{Konversi Kecepatan: } 1\text{km/H} = \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = \frac{5}{8} \text{ ms}$$

$$35\text{km/h} = 35 \times \frac{5}{18} \text{ m/s} = 9.72 \text{ ms}$$

$$\text{Konversi waktu: } 4.12\text{menit} = 4.12 \times 60 \text{ detik} = 247.2 \text{ detik}$$

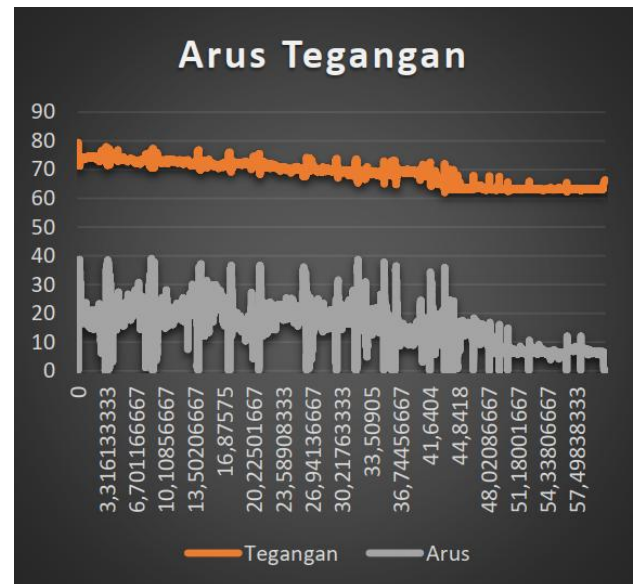
Hitung Jarak *case real*:

$$\text{Jarak} = \text{Kecepatan} \times \text{Waktu}$$

$$\text{Jarak} = 9.72 \text{ ms} \times 247.2 \text{ s}$$

$$\text{Jarak} = 2403.98 \text{ m}$$

Jadi, jarak yang bisa ditempuh adalah sekitar 2403.98 meter atau 2.404 kilometer.



Gambar 6. Grafik *Discharge* Percobaan 3

Berdasarkan Grafik pada Gambar 6, dengan melihat table 2 pada pengujian ke-3 yaitu hasil *case real* dengan nilai rata-rata (*average*) mendapatkan hasil 72.7V dan arus 18A pada gas 45km/h *display* motor. Dari gambar grafik diatas kedua parameter tegangan dan arus diatas di dapatkan *discharge* selama 60.5 menit. Sedangkan pada gambar hasil simulasi matlab jika dimasukkan parameter diatas dengan nilai yang sama yaitu 72.7V dan arus 18A, maka mendapatkan hasil 61.5 menit. Jadi dari hasil *rule fuzzy* yang dibuat dengan uji coba secara *real* mendapatkan hasil yang tidak terlalu jauh 11.2% *error* selisih 6.8 menit.

Hitung Jarak *case real*:

$$\text{Jarak} = \text{Kecepatan} \times \text{Waktu}$$

$$\text{Konversi waktu: } 60.5\text{menit} = \frac{60.5}{60} \text{ jam} = 1.0083 \text{ jam}$$

$$\text{Jam} = 1.0083\text{jam}$$

$$\text{Jarak} = 45\text{km/h} \times 1.0083 \text{ jam}$$

$$\text{Jarak} = 45.3735\text{km}$$

Jadi, jarak yang bisa ditempuh adalah sekitar 45.37 kilometer.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan Sistem Baterai Estimator pada Kendaraan Listrik, beserta hasil pengujian dan Analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat yang dibuat dapat menampilkan Pembacaan status konektifitas dengan kontroler, dapat menampilkan *Voltage* (tegangan), *Current* (arus), *Remaining time* (sisa waktu), Kecepatan (Km/h).
2. Pembacaan dari Sensor Pzem-017 mendapatkan nilai rata-rata *error* arus 0.23% dan tegangan 0.3 %.
3. Sensor GPS Neo 6 dapat bekerja dengan baik dengan memberikan pembacaan jumlah satelit yang terdeteksi, nilai *latitude* dan *longitude* serta pemetaan lokasi dengan Google Maps dengan rata-rata *error* akurasi 4.47%.
4. Menggunakan *fuzzy inference system* sebagai metode yang digunakan untuk pemetaan input ke *output* menggunakan logika *fuzzy*. Menentukan *membership function* yaitu 2 input tegangan dan arus, serta *output* berupa *remaining time* (sisa waktu).
5. Membuat *rulebase* dan kemudian dipetakan hasilnya di *rule editor* sebagai nilai *output remaining time* (sisa waktu).
6. Sistem *fuzzy logic* yang diimplementasikan pada Arduino dan MATLAB bekerja dengan baik untuk estimasi baterai. Estimasi yang konsisten antara kedua sistem menunjukkan bahwa metode ini dapat diandalkan untuk memberikan estimasi waktu tersisa yang akurat berdasarkan parameter tegangan dan arus baterai. Pengguna (*user*) dapat membuat dan mengetahui baterai estimator dengan metode *fuzzy logic*. *Error* jarak dari data *case real* dan *fuzzy logic* mendapatkan nilai rata-rata 40%.
7. *Error remaining time* (sisa waktu) dari *fuzzy logic* dan simulasi matlab mendapatkan nilai rata-rata 0.96%

REFERENCES

- [1] A. N. Salim and A. Rahman, "Implementasi Fuzzy Mamdani untuk Pengendalian Suhu dan Kekecuruhan Air Aquascape Berbasis IoT," *Algoritme*, vol. 2, no. 2, pp. 159-169, 2022.
- [2] I. D. Yanaratri and F. Rahmatullah, "Desain dan Simulasi Battery Charger Metode CC-CV (Constant Current Constant Voltage) dengan Kontrol Logika Fuzzy Menggunakan Matlab," *Cyclotron*, vol. 4, pp. 18-22, 2021.
- [3] Z. Rahmawan, "Estimasi State of Charge (SOC) pada Baterai Lead-Acid dengan Menggunakan Metode Coulumb Counting pada PV Hybrid," Undergraduate thesis, Institut Sepuluh Nopember, 2018.
- [4] S. C., "Perancangan Program Pengambilan Keputusan Dengan Menggunakan Fuzzy Query Database," S.T. Skripsi, Universitas Bina Nusantara, 2007.
- [5] M. A. Ashari, A. Rusdinar and P. Pangaribuan, "Electric Car Monitoring System And Battery Management," in *e-Proceeding of Engineering*, 2018.
- [6] T. T. Salsabila and H. F. Ramadhan, "EM-IOT: Sistem Monitoring Baterai dan Location Tracking Berbasis IoT pada Motor Listrik," 2022.
- [7] A. Saelan, "Logika Fuzzy," Makalah IF2091, 2009.
- [8] J. Lv, H. Yuan and Y. Lv, "Battery State-of-charge Estimation Based on Fuzzy Neural Network and Improved Particle Swarm Optimization Algorithm," *2012 Second International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control*, Harbin, China, 2012, pp. 22-27, doi: 10.1109/IMCCC.2012.13.
- [9] S. L. Sitio, "Penerapan Fuzzy Inference System Sugeno Untuk Menentukan Jumlah Pembelian Obat (Studi Kasus: Garuda Sentra Medika)," *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, vol. 3, no. 2, pp. 104-109, 2018.
- [10] Dimas Aditya Wicahyo and Ir. Jamaaluddin, mm, "Fuzzy Logic Optimasi Daya Listrik", *SinarFe7*, vol. 1, no. 1, pp. 231-233, Jul. 2018.
- [11] Aisyah, Muhammad Nizar Habibi, Mohammad Imron Dwi Prasetyo, Novie Ayub Windarko, Diah Septi Yanaratri, "Estimasi State of Charge (SOC) Pada Baterai Lithium – Ion Menggunakan Feed-Forward Backpropagation Neural Network Dua Tingkat," *Jurnal Teknologi Terpadu*, 8 vol. 2, ISSN : 2338 – 66649.
- [12] Muhammad Dzaky Ashidqi, Miftahul Anwar, Chico Hermanu B.A., Agus Ramelan and Feri Adriyanto, "Implementasi Logika Fuzzy untuk Pengukuran SoC Baterai Mobil Listrik yang Akurat," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* Vol. 10, No. 3, Agustus 2021.
- [13] M. I. Athallah dan R. Pradana, "Penerapan Metode Fuzzy Logic Sugeno Pada Prototipe Sistem Kendali Pengereman Dengan Menggunakan Arduino", *SENAFTI*, vol. 1, no. 1, hlm. 759-767, Sep 2022.
- [14] A. Andreas, R. Pradana, W. Pramusinto, dan F. Ferdiansyah, "IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA PROTOTIPE PUPUK CAIR AQUASCAPE OTOMATIS DAN PENAMBAHAN AIR DENGAN MIKROKONTROLER ESP32", *SENAFTI*, vol. 2, no. 1, hlm. 553-562, Apr 2023.
- [15] Y. C. Cahyaningrum, "Penerapan Artificial Intelligence Menggunakan Fuzzy Logic dalam Dunia Pendidikan", *j. amp. : j. ilm. bid. tek. elect. and comp.*, vol. 13, no. 2, pp. 62-68, Nov. 2023.