

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

---

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ahli Jenjang Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

<sup>1</sup>Jl.Srijaya Negara, Bukit Lama, Kec.Iilir Bar.I,Kota Palembang,Sumatera Selatan

<sup>1</sup>email : Rizki.alhidayat99@gmail.com

---

### **ABSTRACT**

*The development of electric car technology is currently increasing a lot of progress. This represents an electric car is one alternative to future vehicles using battery energy to move it. But now there are many weaknesses in special electric cars in Indonesia. One of them is battery charging that can be said to be ineffective. When the battery in this electric car consists of 4 12V batteries, which are equipped with 48V in the charging process. The type of battery used is Battery Sealed Lead Acid where the battery is a sulfuric acid electrolyte rechargeable battery that cannot be stacked because this battery can be coagulated (thickened). In this system a boost converter is used to stabilize the voltage from the PLN that will enter through the charger. Then in monitoring the charger, there needs to be an Internet system Object or an abbreviation of IoT for convenience whether the battery is full or not. And for the microcontroller used is ESP32. In addition to this the IoT system can also calculate the efficiency of the charger for each charging. Related cell phone owners can monitor the battery via a smartphone or laptop connected to the internet.*

**Kata kunci:** Bms, Electric Vehicle, ESP 32

### **ABSTRAK**

*Perkembangan teknologi mobil listrik saat ini mengalami banyak kemajuan. Ini disebabkan mobil listrik merupakan salah satu alternatif pada kendaraan masa depan menggunakan energi baterai untuk menggerakannya. Tetapi saat ini banyak terdapat kelemahan mobil listrik khususnya di Indonesia. Salah satunya pengisian daya batrei yang dapat dikatakan belum efektif. Adapun baterai pada mobil listrik ini terdiri dari 4 baterai 12V yang yang diserikan menajadi 48V dalam proses charging. Jenis baterai yang digunakan yaitu Baterai Sealed Lead Acid dimana baterai ini merupakan baterai isi ulang elektrolit asam sulfat yang tidak dapat tumpah dikarenakan baterai ini dapat dikoagulasi (mengental). Pada sistem ini digunakan boost converter untuk menstabilkan tegangan dari PLN yang akan masuk melalui charger. Kemudian pada monitoring charger, perlu adanya sistem Internet of Things atau singkatan dari IoT untuk mengawasi apakah baterai sudah penuh atau belum. Dan untuk mikrokontroler yang digunakan yaitu ESP32. Selain itu pada sistem IoT ini juga dapat menghitung seberapa keefisienan*

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

*SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK*

*Jurnal Qua Teknik, (2022), 12(2): 39-62*

---

*charger setiap pengisiannya. Sehingga pemilik mobil listrik dapat memonitoring pengisian baterai melalui smartphone maupun laptop yang terhubung langsung ke internet.*

**Kata kunci:** Bms, Kendaraan Listrik, ESP 32

## 1). PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Konservasi energi menjadi perhatian utama yang kini telah mempercepat langkah untuk merencanakan dan mengembangkan teknologi kendaraan listrik. Kendaraan listrik (EV) menawarkan emisi yang minim dan sistem transportasi yang efisien. Kendaraan listrik memiliki tujuan untuk menghasilkan jangkauan komersial yang layak, kinerja yang efisien, dan kenyamanan dengan keselamatan operasi yang andal. Perkembangan Electric Vehicle (EV) saat ini bergantung pada berbagai faktor yang memengaruhi kemajuan dan implementasinya. Oleh karena itu, EV juga menyediakan sistem transportasi yang inovatif untuk menggantikan kendaraan ICE konvensional. [1]–[3]

Karena semakin banyak sistem penyimpanan energi berbasis baterai yang besar terintegrasi dalam jaringan tenaga listrik, maka perlu untuk menyelaraskan kata-kata dari dunia baterai dan dunia sistem tenaga, untuk mencapai pemahaman yang sama. Dalam hal ini artikel ini menyajikan nilai isi baterai yang berbeda dan hubungannya satu sama lain. Pengoperasian baterai biasanya menyebabkan perubahan muatan listrik atau kandungan energi baterai. Berdasarkan model baterai yang disederhanakan, nilai dasar yang diperlukan untuk menjelaskan pengoperasian baterai dijelaskan. Kemudian nilai referensi dan beberapa kriteria penerimaan untuk baterai dan sel sekunder ditentukan. Juga nilai-nilai yang menjelaskan kandungan energi yang dapat digunakan terbatas yang disebabkan oleh pembatasan operasional disediakan. Agar sedekat mungkin dengan definisi yang ada dan aplikasi praktis, perhatian diambil agar sesuai dengan standar saat ini sedapat mungkin dalam artikel ini. Kumpulan definisi baterai yang konsisten dapat digunakan untuk desain sistem penyimpanan baterai yang disepakati dan memberikan opsi untuk kriteria kinerja baterai.[5]

Meskipun baterai adalah teknologi yang cukup tua dan pada prinsipnya terkenal, masih tidak selalu ada pemahaman yang sama tentang karakteristik dan nilai referensi sel primer dan sekunder, baterai dan sistem baterai. Terutama karena sistem baterai besar semakin menarik sebagai solusi penyimpanan stasioner untuk sistem tenaga listrik selain nilai-nilai terkenal seperti kapasitas dalam ampere-jam dan C-rate juga nilai-nilai listrik khas seperti energi dan daya harus

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknik, (2022), 12(2): 39-62**

---

disediakan oleh integrator sistem. Oleh karena itu artikel ini memberikan gambaran tentang beberapa karakteristik dan nilai referensi dari sistem baterai, sel primer dan sekunder.[5]

Namun di antara jenis kendaraan listrik lainnya, *Battery Electric Vehicle* (BEV) memberikan kepadatan energi yang tinggi, yang merupakan solusi ideal untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi gas di sektor transportasi. Namun, ada beberapa tantangan. Misalnya, kebutuhan akan *energy storage system* (ESS) dengan kinerja tinggi yang memenuhi permintaan daya selama percepatan dan memulihkan energi secara efisien selama perlambatan tanpa mempengaruhi masa pakai dan efisiensinya[6].

Adapun pada usulan penelitian tugas akhir ini penulis akan berfokus pada model manajemen daya berbasis logika fuzzy yang memperhitungkan beban motor BLDC (*Brushless Direct Current*) 800 Watt dan SOC (*State of Charge*) pada baterai EV. Logika Fuzzy dipilih karena mampu menentukan kapan energi disimpan atau dilepaskan tergantung pada status SOC baterai, sehingga dapat meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

**B. RUMUSAN MASALAH**

Sriwijaya Electric Car (SECA) merupakan kendaraan listrik yang memanfaatkan baterai sebagai sumber energi utamanya. Namun, terdapat beberapa kekurangan yang sulit untuk diabaikan. Diantaranya belum adanya suatu manajemen daya baterai yang optimal, sehingga berpengaruh terhadap waktu pemakaian dan jarak tempuh SECA. Untuk itu, diperlukan manajemen daya baterai EV, yang mampu meminimalisir travel cost dan memaksimalkan jarak tempuh EV khususnya SECA.

**C. BATASAN MASALAH**

Batasan masalah pada penelitian kali ini antara lain adalah:

1. Implementasi manajemen daya pada baterai lead acid 48 volt, 30Ah.
2. Analisa hasil pengujian manajemen daya menggunakan metode *fuzzy logic*.
3. Model manajemen daya tanpa mempertimbangkan tingkat SOC baterai.

**D. TUJUAN PENELITIAN**

1. Memaksimalkan penggunaan dan mengurangi energi yang terbuang pada baterai, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan energi baterai pada *Battery Electric Vehicle* (BEV) SECA
2. Mengimplementasikan logika fuzzy sebagai metode analisa manajemen daya pada *Battery Electric Vehicle* (BEV) SECA

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

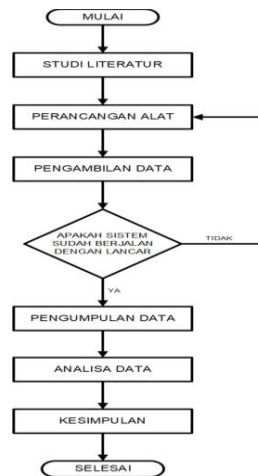
**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

## 2). METODOLOGI PENELITIAN

### A. Kerangka Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dibagi dalam 4 tahap, yaitu tahap persiapan umum, pembuatan alat, pengujian alat, serta evaluasi. Diagram alir penelitian tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



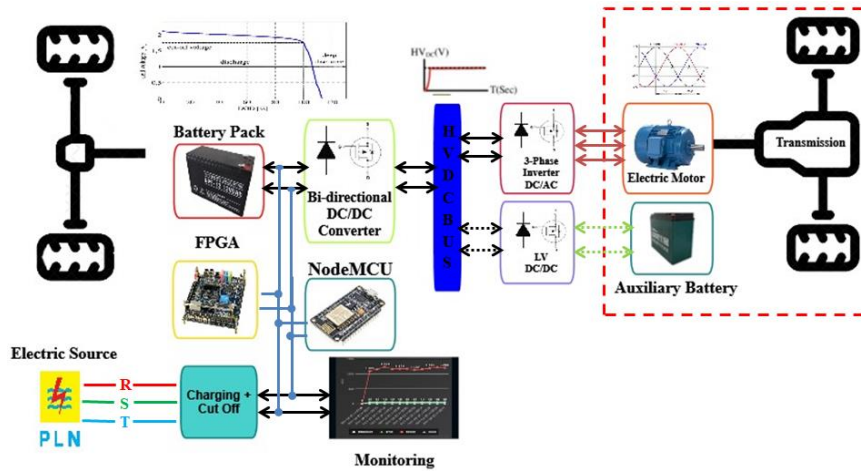
### B. Blok Diagram Sistem

Blok diagram merupakan salah satu bagian penting dalam semua perancangan elektrikal. Cara kerja keseluruhan alat yang akan dibuat dapat dilihat pada diagram blok sehingga keseluruhan diagram blok akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau dapat bekerja. Gambar 3.2 merupakan blok diagram keseluruhan dari kendaraan listrik SECA. Namun pada penelitian berikut penulis hanya akan membahas mengenai manajemen daya baterai EV untuk motor BLDC, dimana sistem akan mengatur besar arus yang di alirkan ke setiap *driver* motor. Gambar 3.3 merupakan blok diagram dari sistem manajemen daya baterai EV.

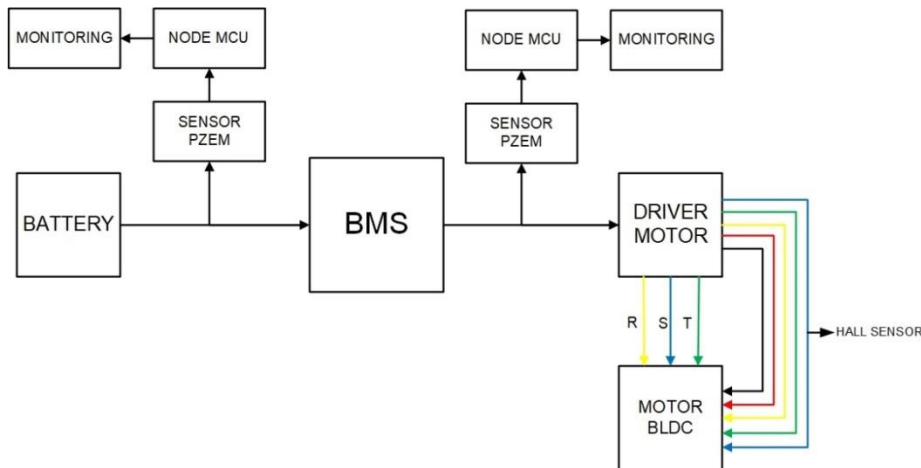
Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
 DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62



**Gambar 3. 1** Diagram Blok EV Secara Keseluruhan



**Gambar 3. 2** Blok Diagram Sistem Manajemen Daya Baterai EV

C. PerancanganElektronik

Perancangan rangkaian elektrikal merupakan proses pembuatan rangkaian, pengkabelan (*wiring diagram*), serta layout PCB. Pembuatan rangkaian menggunakan aplikasi Livewire. Gambar 3.4 merupakan skematik rangkaian elektrikal dari sistem manajemen daya baterai EV. Rangkaian elektrikal ini memuat rangkaian pembagi arus, dengan tujuan untuk mengatur arus yang mengalir ke setiap *driver* motor BLDC. Rangkaian pembagi arus pada dasarnya berupa dua atau lebih resistor yang disusun secara parallel, sehingga besar arus yang mengalir pada setiap cabang akan berbeda sedangkan besar tegangannya tetap. Berikut merupakan perhitungan nilai resistor untuk rangkaian pembagi arus:

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

$$V_{batt} = 48 V$$

$$P_1 = 800 Watt$$

$$P_2 = P_3 = 350 Watt$$

$$\text{Besarnya arus yang mengalir pada cabang pertama } I_1 = \frac{P_1}{V_{batt}}$$

$$I_1 = \frac{800}{48} = 16.6 A$$

$$\text{Nilai resistor yang di pasang pada cabang pertama } R_{P1} = \frac{V_{batt}}{I_1}$$

$$R_{P1} = \frac{48}{16.6} = 2.89 \Omega$$

$$\text{Nilai resistor pengganti } R_{P1} = R_1 // R_2 // R_3$$

$$R_{P1} = 4.7\Omega // 15\Omega // 15\Omega$$

$$\text{Besarnya arus yang mengalir pada cabang kedua } I_{2.3} = \frac{P_{2.3}}{V_{batt}}$$

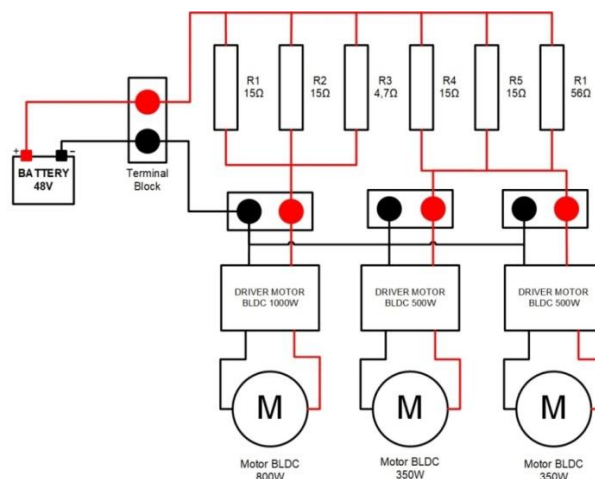
$$I_{2.3} = \frac{350}{48} = 7.3 A$$

$$\text{Nilai resistor yang di pasang pada cabang kedua } R_{P2.3} = \frac{V_{batt}}{I_{2.3}}$$

$$R_{P2.3} = \frac{48}{7.3} = 6.57 \Omega$$

$$\text{Nilai resistor pengganti } R_{P2.3} = R_1 // R_2 // R_3$$

$$R_{P2.3} = 56\Omega // 15\Omega // 15\Omega$$



**Gambar 3. 3** Skematik Rangkaian Pembagi Arus pada Motor BLDC

D. Prinsip Kerja Sistem

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknik, (2022), 12(2): 39-62**

---

Pada kendaraan listrik SECA, baterai Lead Acid 48 V/30 Ah digunakan untuk mengaktifkan sistem, termasuk motor BLDC. Tiga buah motor BLDC yang masing-masing memiliki daya sebesar 800 W, 350 W, dan 350 W di control oleh tiga buah *driver* motor dengan tegangan input sebesar 48 V serta spesifikasi daya masing-masing sebesar 1000 W, 500 W, dan 500 W dengan tujuan agar tidak terjadi panas berlebih yang disebabkan oleh *driver* motor yang bekerja pada ambang batas maksimum nya. Namun hal tersebut dinilai tidak efisien pada penggunaan daya baterai, karena akan terdapat daya yang tidak terpakai pada *driver* motor. Untuk itu dibuatlah suatu manajemen daya baterai dengan memanfaatkan modul *Battery Management System* (BMS) yang memiliki fitur proteksi dari kerusakan yang mungkin disebabkan oleh *over-charge*, *over-discharge*, *over current*, dan *short circuit*.

Selain itu, digunakan rangkaian pembagi arus, dengan tujuan utama untuk mengurangi lonjakan arus sekaligus untuk mengatur besar arus yang masuk ke *driver* motor, yang kemudian akan berimbang pada daya masukan setiap *driver* motor. Dimana dengan besar tegangan input tetap pada 48 V, setiap *driver* motor hanya akan mendapatkan besar masukan daya yang sesuai kebutuhan nya untuk mengaktifkan motor BLDC. Dengan demikian, penggunaan daya baterai akan lebih efisien tanpa membuat *driver* motor bekerja pada ambang batas maksimumnya.

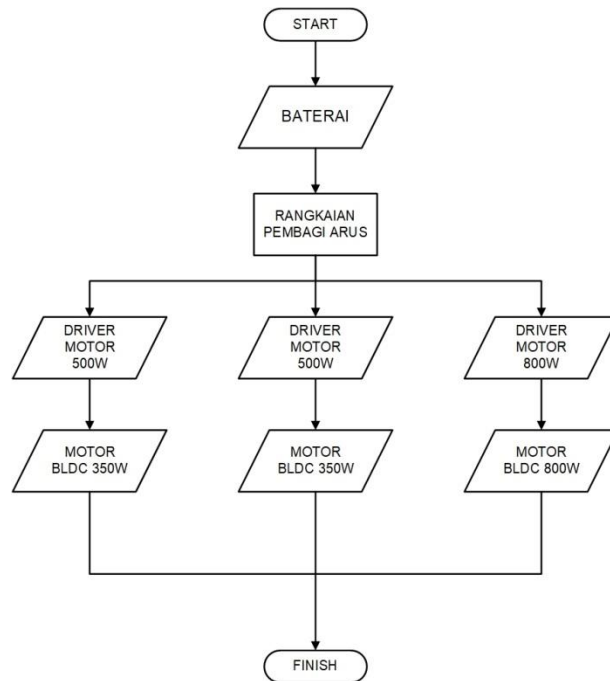
#### E. Diagram Alir Sistem

Cara kerja suatu program atau perangkat lunak dari suatu alat dapat digambarkan melalui *flowchart* dari awal mulai sistem manajemen daya baterai EV diaktifkan hingga mencapai titik akhir yang diinginkan. *Flowchart* merupakan bentuk alir dari diagram blok yang merupakan bagian penting dalam perencanaan perancangan suatu alat. Cara kerja alat yang dibuat dapat dilihat pada *flowchart* yang akan menghasilkan suatu sistem yang dapat bekerja. Gambar 3.5 merupakan *flowchart* dari sistem manajemen daya baterai EV.

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

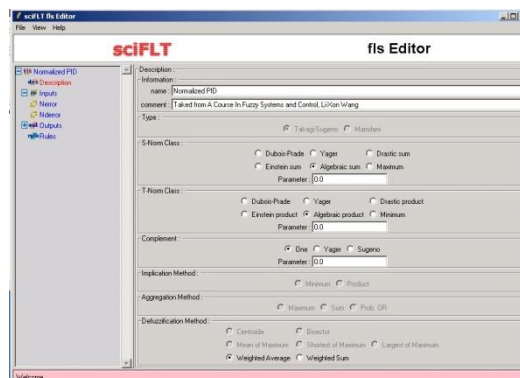
**SISTEM MANAJEMEN BATERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62



Gambar 3. 4Flowchart Sistem Manajemen Daya Baterai EV

F. Metode Pengolahan Data



Gambar 3. 5 Tampilan sciFLT pada Scilab

Setelah data dikumpulkan melalui pengukuran pada sistem menggunakan instrumen yang telah ditetapkan, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Pengolahan data difungsikan untuk mempermudah dalam pembuatan analisa. Adapun metode pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy logic* dengan bantuan fungsi sciFLT yang terdapat pada Scilab seperti yang ditampilkan Gambar 3. 6 digunakan untuk perancangan *fuzzy logic controller*. sciFLT adalah *Fuzzy Logic Toolbox* untuk scilab. *Toolbox* ini ditulis dalam bahasa campuran C,



---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

*SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK*

*Jurnal Qua Teknik, (2022), 12(2): 39-62*

---

Fortran, TK/TCL dan Kode scilab, dimana sciFLT sepenuhnya diuji di bawah Windows dan Linux menggunakan Scilab 3.0, serta bekerja dengan sistem logika fuzzy Mamdani dan Sugeno. Adapun beberapa fitur yang tersedia pada sciFLT antara lain:

- Dukungan XCOS: Fungsi anggota, S-Norm, T-Norm, Pelengkap *Fuzzy Logic System (FLS)* termasuk palet didukung.
- Kelas S-Norm yang didukung: Dubois-Prade, Yager, Drastic sum, Einstein sum, Algebraic sum, Maximum.
- Kelas T-Norm yang didukung: Dubois-Prade, Yager, Drastic product, Einstein product, Algebraic product, Minimum.
- Kelas Pelengkap yang didukung: One, Yager, Dubois.
- Fungsi Anggota: Segitiga, Trapesium, Gaussian, Extended Gaussian, Sigmoidal, Product of two Sigmoidal, Difference of two sigmoidal, S-Shaped, Z-Shaped, Pi-Shaped.
- Pengelompokan: C-Means, Pengelompokan substraktif.  
Optimasi FLS: optfls01.

### 3). HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian

Bab berikut akan memuat hasil dari pengujian dan analisa dari sitem manajemen daya baterai kendaraan listrik. Implementasi baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 buah baterai Lead Acid yang dipasang secara seri, dengan tegangan kerja 48V, dan kapasitas sebesar 30 Ah. Pengamatan efisiensi dari sistem manajemen daya baterai dilakukan pada saat proses pengosongan (*discharge*) dengan beban berupa motor BLDC 350 dan 800 Watt. Pada bab berikut juga menampilkan hasil pengujian modul sensor PZEM-017 yang digunakan untuk mendapatkan nilai arus, tegangan, dan daya yang akurat pada proses *discharge*, mengingat parameter tersebut sangat penting dalam pengujian efisiensi dari sistem manajemen baterai yang rancang.

#### B. Pengujian Model Manajemen Daya Terhadap Efisiensi Penggunaan Energi Baterai

Pengujian model manajemen daya terhadap efisiensi penggunaan energi baterai dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran tegangan, arus dan daya baterai dengan dan tanpa sistem manajemen daya. Data yang di dapat dari hasil pengukuran tersebut kemudian dihitung besar

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
 DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

energi yang terbuang dengan cara mengurangi besar energi terukur dengan energi referensi dari motor BLDC.

$$W_{loss} = \overline{W}_t - W_{ref}$$

$$W_{loss} = (\overline{P}_t \times t) - (P_{ref} \times t)$$

dimana W merupakan Energi listrik, P merupakan daya listrik, sedangkan t menunjukkan waktu. Selain besar energi yang terbuang, dihitung pula besar selisih (*error*) antara arus terukur dengan arus referensi dari rangkaian pembagi arus, yakni 16.6 A untuk motor BLDC 800 Watt dan 7.3 A untuk motor BLDC 350 Watt.

Berikut merupakan data hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya dari baterai yang digunakan untuk mengaktifkan motor BLDC selama 55 menit. Tabel 4.1 dan 4.2 masing-masing menampilkan data untuk motor BLDC 800 Watt tanpa manajemen daya dan dengan menggunakan manajemen daya. Sedangkan Tabel 4.3 dan 4.4 menampilkan data untuk motor BLDC 350 Watt tanpa manajemen daya dan dengan menggunakan sistem manajemen daya.

**Tabel 4. 1** Data Motor BLDC 800 Watt Tanpa Manajemen Daya

Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
0	50.27	0.51	25.6377
1	49.89	17.55	875.5695
2	49.67	25.24	1253.670
3	49.42	25.53	1261.692
4	49.1	25.98	1275.618
5	48.86	26.2	1280.132
6	48.58	26.2	1272.796
7	48.37	26.2	1267.294
8	48.23	26.2	1263.626
9	48.14	26.3	1266.082
10	48.02	26.3	1262.926
$\overline{P}_t = 1262.019$ Watt			

$$\therefore W_{loss} = (1262.019 \times 55) - (800 \times 55)$$

$$W_{loss} = 25,411.045 \text{ Joule}$$

**Tabel 4. 2** Data Motor BLDC 800 Watt Menggunakan Manajemen Daya

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

*SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
 DENGAN METODE NEURAL NETWORK*

*Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62*

Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Selisih Arus (A)
0	50.3	0.51	25.653	0.98
1	50.07	17.51	876.410	0.91
2	49.87	17.43	869.586	0.83
3	49.52	17.31	857.423	0.71
4	49.33	17.24	850.449	0.64
5	49.14	17.18	844.314	0.58
6	48.91	17.1	836.429	0.5
7	48.69	17.02	828.921	0.42
8	48.49	16.95	822.125	0.35
9	48.35	16.905	817.385	0.305
10	48.17	16.842	811.31	0.242
$\bar{P}_t = 845.329 \text{ Watt}$			$I_{error} = 0.587909$	

$$\therefore W_{loss} = (845.329 \times 55) - (800 \times 55)$$

$$W_{loss} = 2,493.095 \text{ Joule}$$

Tabel 4. 3 Data Motor BLDC 350 Watt Tanpa Manajemen Daya

Waktu (Menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
0	50.27	0.51	25.6377
1	49.89	10.32	514.864
2	49.67	11.34	563.257
3	49.42	11.58	572.283
4	49.1	11.58	568.567
5	48.86	11.6	566.776
6	48.58	11.62	564.499
7	48.37	11.66	563.994
8	48.23	11.66	562.361
9	48.14	11.67	561.7938
10	48.02	11.7	561.834
$\bar{P}_t = 555.542$ Watt			

$$\therefore W_{loss} = (555.542 \times 55) - (350 \times 55)$$

$$W_{loss} = 11,304.81 \text{ Joule}$$

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>  
**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
 DENGAN METODE NEURAL NETWORK**  
 Jurnal Qua Teknik, (2022), 12(2): 39-62

**Tabel 4. 4** Data Motor BLDC 350 Watt Menggunakan Manajemen Daya

Waktu (Menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Selisih Arus (A)
0	50.3	0.51	25.653	0.309
1	50.07	7.57	379.274	0.27
2	49.87	7.544	376.25	0.244
3	49.52	7.491	370.987	0.191
4	49.33	7.462	368.146	0.162
5	49.14	7.434	365.316	0.134
6	48.91	7.399	361.904	0.099
7	48.69	7.366	358.655	0.066
8	48.49	7.335	355.715	0.035
9	48.35	7.314	353.664	0.014
10	48.17	7.287	351.036	-0.013
<b><math>\bar{P}_t = 365.792\text{Watt}</math></b>				<b><math>\overline{I_{error}} =</math></b>

$$\therefore W_{loss} = (365.792 \times 55) - (350 \times 55)$$

$$W_{loss} = 868.56 \text{ Joule}$$

Dari keempat tabel diatas, dapat dilihat bahwa terdapat penurunan jumlah energi yang terbuang sebesar 90.18% dalam 55 menit untuk motor BLDC 800 Watt dari  $W_{loss}$  awal sebesar 25,411.045 Joule menjadi 2,493.095 Joule pada saat menggunakan sistem manajemen daya. Sedangkan untuk motor BLDC 350 Watt terdapat penurunan jumlah energi yang terbuang sebesar 92.31% dari  $W_{loss}$  awal sebesar 11,304.81 Joule menjadi 868.56 Joule pada saat menggunakan sistem manajemen daya. Hal tersebut disebabkan karena besar arus yang mengalir dari baterai ke kontroler motor BLDC di kurangi oleh rangkaian pembagi arus, sehingga berdampak pada besar daya dan energi listriknya.

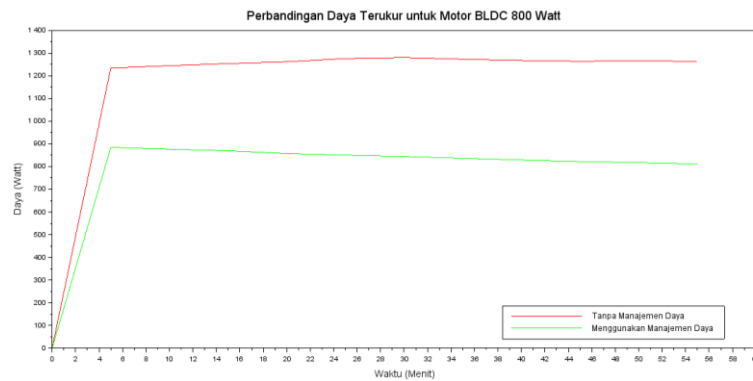
Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

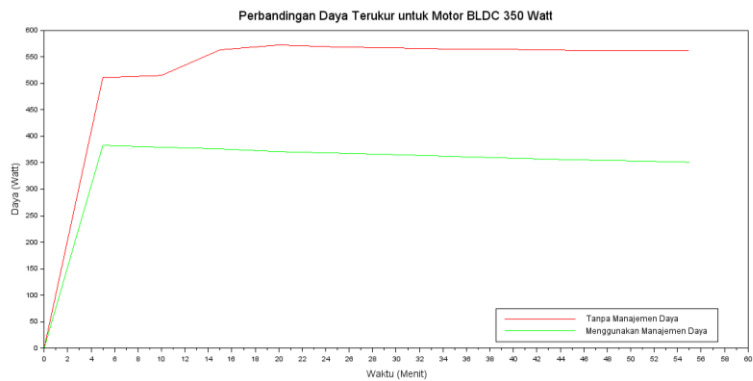
**Jurnal Qua Teknik, (2022), 12(2): 39-62**

Meski demikian, masih terdapat selisih antara arus terukur dengan arus referensi yakni dengan rata-rata sebesar 0.587909 untuk motor BLDC 800 Watt dan sebesar 0.137364 untuk motor BLDC 350 Watt. Hal tersebut dikarenakan tegangan referensi yang digunakan pada saat perhitungan arus keluaran dari rangkaian pembagi arus adalah sebesar 48 V, sedangkan pada proses pengujian kondisi tegangan output baterai bervariasi tergantung besar SOC dan DOD baterai (tidak tetap).

Gambar 4.1 dan 4.2 menampilkan grafik perbandingan besar daya terukur untuk masing-masing motor BLDC 800 dan 350 Watt sebelum dan setelah dimanajemen.



**Gambar 4. 1** Grafik Perbandingan Daya Terukur untuk Motor BLDC 800 Watt

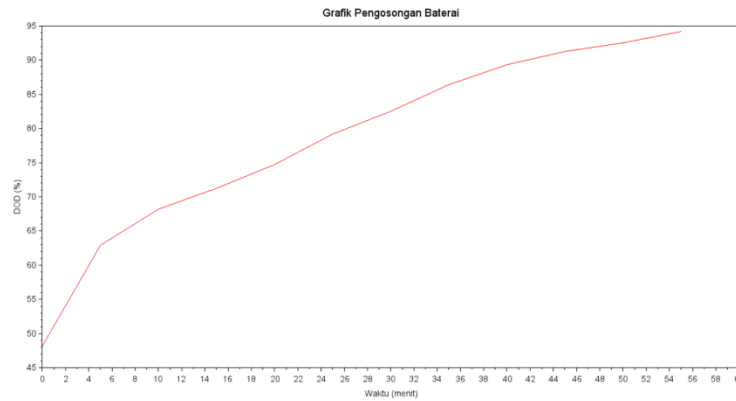


**Gambar 4. 2** Grafik Perbandingan Daya Terukur untuk Motor BLDC 350 Watt

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**



**C. Analisa Model Manajemen Daya Baterai Menggunakan Logika Fuzzy**

Untuk mendapatkan analisa dari metode logika fuzzy yang digunakan, dicari *membership degree* dari setiap nilai input seperti yang dimuat pada Tabel 4.5 dan 4.6.

<b>ArusBaterai (A)</b>	<b><math>\mu_{VL}</math></b>	<b><math>\mu_L</math></b>	<b><math>\mu_H</math></b>	<b><math>\mu_{VH}</math></b>
26	1	0	0	0
26.2	0.8	0	0	0
26.4	0.6	0	0	0
26.6	0.4	0.1	0	0
26.8	0.2	0.3	0	0
27	0	0.5	0	0
27.2	0	0.7	0	0
27.4	0	0.9	0	0
27.6	0	0.9	0	0
27.8	0	0.7	0	0
28	0	0.5	0	0

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

*SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
 DENGAN METODE NEURAL NETWORK*

*Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62*

28.2	0	0.3	0.2	0
28.4	0	0.1	0.4	0
28.6	0	0	0.6	0
28.8	0	0	0.8	0
29	0	0	1	0
30	0	0	0	0.5
30.2	0	0	0	0.7
30.4	0	0	0	0.9

**Tabel 4. 5** Derajat Keanggotaan Input ArusDriver

ArusDriver(A)	$\mu_{VL}$	$\mu_L$	$\mu_H$	$\mu_{VH}$
7.5	1	0	0	0
8	0.75	0	0	0
8.5	0.5	0	0	0
9	0.25	0.03	0	0
9.5	0	0.365	0	0
10	0	0.7	0	0
10.5	0	0.965	0	0
11	0	0.63	0	0
11.5	0	0.295	0	0
12	0	0	0	0
12.5	0	0	0.375	0

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

*SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
 DENGAN METODE NEURAL NETWORK*

*Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62*

13	0	0	0.71	0
13.5	0	0	0.955	0
14	0	0	0.62	0
14.5	0	0	0.285	0
15	0	0	0	0.25
15.5	0	0	0	0.5
16	0	0	0	0.75
16.5	0	0	0	1

**Tabel 4. 6** Derajat Keanggotaan Input Tegangan

<b>Tegangan<sub>Baterai</sub></b> <b>Tegangan<sub>Driver</sub></b>	=	$\mu_{VeryLow}$	$\mu_{Low}$	$\mu_{High}$	$\mu_{VeryHigh}$
47		1	0	0	0
47.2		0.8	0	0	0
47.4		0.6	0	0	0
47.6		0.4	0.1	0	0
47.8		0.2	0.3	0	0
48		0	0.5	0	0
48.2		0	0.7	0	0
48.4		0	0.9	0	0
48.6		0	0.9	0	0
48.8		0	0.7	0	0
49		0	0.5	0	0



Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
 DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

49.2	0	0.3	0.2	0
49.4	0	0.1	0.4	0
49.6	0	0	0.6	0
49.8	0	0	0.8	0
50	0	0	1	0
50.2	0	0	0.8	0
50.4	0	0	0.6	0
50.6	0	0	0.4	0.1
50.8	0	0	0.2	0.3
51	0	0	0	0.5
51.2	0	0	0	0.7
51.4	0	0	0	0.9

Selanjutnya dilakukan *inference clipping* dengan sampel derajat keanggotaan tertentu, sehingga didapat nilai sebagai berikut:

**Tabel 4. 7** *Inference Clipping* Input dan Output Sistem Manajemen Daya

No	Input		Output
	$\mu_{\text{arus}}$	$\mu_{\text{tegangan}}$	$\mu_{\text{daya}}$
R1	Very Low (1)	Very Low (0.8)	Very Low (0.8)
R2	Very Low (0.75)	Low (0.1)	Very Low (0.1)
R3	Very Low (0.5)	High (0.2)	Low(0.2)
R4	Very Low (0.25)	Very High (0.1)	Very High (0.1)
R5	Low (0.1)	Very Low (0.6)	Very Low (0.1)

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

*SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK*

*Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62*

R6	Low (0.3)	Low (0.3)	Very Low (0.3)
R7	Low (0.5)	High (0.4)	Low (0.4)
R8	Low (0.7)	Very High (0.3)	Very High (0.3)
R9	High (0.71)	Very Low (0.4)	Very Low (0.4)
R10	High (0.62)	Low (0.5)	Low (0.5)
R11	High (0.375)	High (0.6)	High (0.375)
R12	High (0.285)	Very High (0.7)	Very High (0.285)
R13	Very High (0.3)	Very Low (0.2)	Low (0.2)
R14	Very High (0.5)	Low (0.7)	Low (0.5)
R15	Very High (0.7)	High (0.4)	High (0.4)
R16	Very High (0.9)	Very High (0.9)	Very High(0.9)

Dari Tabel 4.7 dapat di amati:

1. Jika Arus Very Low dengan derajat keanggotaan 0.5 dan Tegangan High dengan derajat keanggotaan 0.2, maka Daya Low dengan derajat keanggotaan 0.2.
2. Jika Arus Low dengan derajat keanggotaan 0.7 dan Tegangan Very High dengan derajat keanggotaan 0.3, maka Daya Very High dengan derajat keanggotaan 0.3.
3. Jika Arus High dengan derajat keanggotaan 0.375 dan Tegangan High dengan derajat keanggotaan 0.6, maka Daya High dengan derajat keanggotaan 0.375.
4. Jika Arus Very High dengan derajat keanggotaan 0.9 dan Tegangan Very High dengan derajat keanggotaan 0.9, maka Daya Very High dengan derajat keanggotaan 0.9.
5. Dan seterusnya.

#### 4). Kesimpulan

1. Terdapat penurunan jumlah energi yang terbuang sebesar 90.18% dalam 55 menit untuk motor BLDC 800 Watt dari  $W_{\text{loss}}$  awal sebesar 25,411.045 Joule menjadi 2,493.095 Joule pada saat menggunakan sistem manajemen daya.

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

---

2. Terdapat penurunan jumlah energi yang terbuang sebesar 92.31% dari  $W_{\text{loss}}$  awal sebesar 11,304.81 Joule menjadi 868.56 Joule untuk motor BLDC 350 Watt pada saat menggunakan sistem manajemen daya.

3. Terdapat selisih antara arus terukur dengan arus referensi dengan rata-rata sebesar 0.587909A untuk motor BLDC 800 Watt dan sebesar 0.137364A untuk motor BLDC 350 Watt. Untuk Analisa dengan metode fuzzy menggunakan *inference clipping*, derajat keanggotaan (*membership degree*) untuk output daya akan disesuaikan dengan derajat keanggotaan input dengan nilai terkecil.

#### REFERENSI

- [1] F. Profumo, Z. Zhang, and A. Tenconi, "Axial flux machines drives: A new viable solution for electric cars," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 44, no. 1, pp. 39–45, 1997, doi: 10.1109/41.557497.
- [2] K. Sayed, A. G. Abo-Khalil, and A. S. Alghamdi, "Optimum resilient operation and control DC microgrid based electric vehicles charging station powered by renewable energy sources," *Energies*, vol. 12, no. 22, 2019, doi: 10.3390/en12224240.
- [3] W. Su, H. Eichi, W. Zeng, and M. Y. Chow, "A survey on the electrification of transportation in a smart grid environment," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2012, doi: 10.1109/TII.2011.2172454.
- [4] I. Ihsan and A. wahyu Aditya, "Rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) berbasis LabVIEW," *JIT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 9, no. 1, pp. 44–49, 2021, doi: 10.32487/jtt.v9i1.972.
- [5] H. Rubenbauer and S. Henninger, "Definitions and reference values for battery systems in electrical power grids," *J. Energy Storage*, vol. 12, pp. 87–107, 2017, doi: 10.1016/j.est.2017.04.004.
- [6] S. Hussain, M. U. Ali, G. S. Park, S. H. Nengroo, M. A. Khan, and H. J. Kim, "A real-time bi-adaptive controller-based energy management system for battery–supercapacitor hybrid electric vehicles," *Energies*, vol. 12, no. 24, 2019, doi: 10.3390/en12244662.
- [7] H. J. Bergveld Kruijt, Wanda S., Notten, P. H. L., *Battery management systems: design by modelling*. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic, 2002.
- [8] A. Joseph and M. Shahidehpour, "BATTERY STORAGE SYSTEMS IN ELECTRIC POWER SYSTEMS Ami Joseph and Mohammad Shahidehpour," pp. 1–8, 2006.
- [9] R. Dufo-López, T. Cortés-Arcos, J. S. Artal-Sevil, and J. L. Bernal-Agustín, "Comparison of lead-acid and li-ion batteries lifetime prediction models in stand-alone photovoltaic systems," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/app11031099.
- [10] A. Das and A. Ganesh, "A study paper on power management in electrical devices using Zigbee

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

---

- network,” *Souvenir 2015 IEEE Int. Adv. Comput. Conf. IACC 2015*, pp. 444–448, 2015, doi: 10.1109/IADCC.2015.7154747.
- [11] P. Ashkrof, G. Homem de Almeida Correia, and B. van Arem, “Analysis of the effect of charging needs on battery electric vehicle drivers’ route choice behaviour: A case study in the Netherlands,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 78, no. December 2019, p. 102206, 2020, doi: 10.1016/j.trd.2019.102206.
- [12] M. Yousefi, A. Hajizadeh, and M. N. Soltani, “A Comparison Study on Stochastic Modeling Methods for Home Energy Management Systems,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 15, no. 8, pp. 4799–4808, 2019, doi: 10.1109/tii.2019.2908431.
- [13] A. Geetha and C. Subramani, “A significant energy management control strategy for a hybrid source EV,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 9, no. 6, pp. 4580–4585, 2019, doi: 10.11591/ijece.v9i6.pp4580-4585.
- [14] K. V. Singh, H. O. Bansal, and D. Singh, “Feed-forward modeling and real-time implementation of an intelligent fuzzy logic-based energy management strategy in a series–parallel hybrid electric vehicle to improve fuel economy,” *Electr. Eng.*, vol. 102, no. 2, pp. 967–987, 2020, doi: 10.1007/s00202-019-00914-6.
- [15] Y. Wang, F. Huang, B. Pan, Y. Li, and B. Liu, “Augmented system model-based online collaborative determination of lead–acid battery states for energy management of vehicles,” *Meas. Control (United Kingdom)*, vol. 54, no. 1–2, pp. 88–101, 2021, doi: 10.1177/0020294020983376.
- [16] M. Yue, S. Jemei, R. Gouriveau, and N. Zerhouni, “Review on Health-Conscious Energy Management Strategies for Fuel cell Hybrid Electric Vehicles: Degradation Models and Strategies,” 2019.
- [17] T. Teng, X. Zhang, H. Dong, and Q. Xue, “ScienceDirect A comprehensive review of energy management optimization strategies for fuel cell passenger vehicle,” *Int. J. Hydrogen Energy*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.12.202.
- [18] L. Engbroks, D. Görke, S. Schmiedler, T. Gödecke, B. Beyfuss, and B. Geringer, “Combined energy and thermal management for plug-in hybrid electric vehicles -analyses based on optimal control theory,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 5, pp. 610–617, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.09.097.
- [19] F. A. Tiano, G. Rizzo, and D. Marra, “Design and Optimization of a Charging Station for Electric Vehicles based on Compressed Air Energy Storage,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 9, pp. 230–235, 2018, doi: 10.1016/j.ifacol.2018.07.038.
- [20] B. C. Chen, Y. Y. Wu, and H. C. Tsai, “Design and analysis of power management strategy for range extended electric vehicle using dynamic programming,” *Appl. Energy*, vol. 113, pp. 1764–1774, 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2013.08.018.
- [21] H. Hemi, J. Ghouili, and A. Cheriti, “Combination of Markov chain and optimal control solved by Pontryagin’s minimum principle for a fuel cell/supercapacitor vehicle,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 91, pp. 387–393, 2015, doi: 10.1016/j.enconman.2014.12.035.
- [22] M. Jha, F. Blaabjerg, M. A. Khan, V. S. B. Kurukuru, and A. Haque, “Intelligent control of converter for electric vehicles charging station,” *Energies*, vol. 12, no. 12, 2019, doi: 10.3390/en12122334.

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

---

- [23] P. Ponce, B. MacCleery, L. A. Soriano, M. García, V. Leví, and A. Molina, “Expanding electric vehicles lifetime in power electronic stage using an optimized fuzzy logic controller,” *Int. J. Interact. Des. Manuf.*, 2021, doi: 10.1007/s12008-021-00794-w.
- [24] N. Sulaiman, M. A. Hannan, A. Mohamed, P. J. Ker, E. H. Majlan, and W. R. Wan Daud, “Optimization of energy management system for fuel-cell hybrid electric vehicles: Issues and recommendations,” *Appl. Energy*, vol. 228, no. July, pp. 2061–2079, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.07.087.
- [25] P. Wang, D. Wang, C. Zhu, Y. Yang, H. M. Abdullah, and M. A. Mohamed, “Stochastic management of hybrid AC/DC microgrids considering electric vehicles charging demands,” *Energy Reports*, vol. 6, pp. 1338–1352, 2020, doi: 10.1016/j.egyr.2020.05.019.
- [26] P. Tejaswini and P. Sivraj, “Artificial intelligence based state of charge estimation of Li-ion battery for EV applications,” *Proc. 5th Int. Conf. Commun. Electron. Syst. ICCES 2020*, no. Icces, pp. 1356–1361, 2020, doi: 10.1109/ICCES48766.2020.09137999.
- [27] M. Stighezza, V. Bianchi, and I. De Munari, “FPGA Implementation of an Ant Colony Optimization Based SVM Algorithm for State of Charge Estimation in Li-Ion Batteries,” *Energies*, vol. 14, no. 21, 2021, doi: 10.3390/en14217064.
- [28] X. Li, Y. Wang, D. Yang, and Z. Chen, “Adaptive energy management strategy for fuel cell/battery hybrid vehicles using Pontryagin’s Minimal Principle,” *J. Power Sources*, vol. 440, no. August, p. 227105, 2019, doi: 10.1016/j.jpowsour.2019.227105.
- [29] D. Zhou, A. Al-Durra, I. Matraji, A. Ravey, and F. Gao, “Online Energy Management Strategy of Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles: A Fractional-Order Extremum Seeking Method,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 65, no. 8, pp. 6787–6799, 2018, doi: 10.1109/TIE.2018.2803723.
- [30] R. T. Meyer, R. A. Decarlo, and S. Pekarek, “Hybrid Model Predictive Power Management of a Battery-Supercapacitor Electric Vehicle,” *Asian J. Control*, vol. 18, no. 1, pp. 150–165, 2016, doi: 10.1002/asjc.1259.
- [31] F. Jin, M. Wang, and C. Hu, “A fuzzy logic based power management strategy for hybrid energy storage system in hybrid electric vehicles considering battery degradation,” *2016 IEEE Transp. Electr. Conf. Expo, ITEC 2016*, 2016, doi: 10.1109/ITEC.2016.7520207.
- [32] S. K. Jha, A. K. Yadav, and P. Gaur, “Power management for electric vehicle with PID and Fuzzy logic controllers,” *Proc. Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2017*, vol. 2017-Janua, no. April 2017, pp. 56–61, 2017, doi: 10.1109/ICECA.2017.8212731.
- [33] C. H. Swetha, N. S. Jayalakshmi, K. M. Bhargavi, and P. B. Nempu, “Control Strategies for Power Management of PV/Battery System with Electric Vehicle,” *2019 IEEE Int. Conf. Distrib. Comput. VLSI, Electr. Circuits Robot. Discov. 2019 - Proc.*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/DISCOVER47552.2019.9008082.
- [34] H. Saleeb, K. Sayed, A. Kassem, and R. Mostafa, “Power management strategy for battery electric vehicles,” *IET Electr. Syst. Transp.*, vol. 9, no. 2, pp. 65–74, 2019, doi: 10.1049/iet-est.2018.5026.
- [35] N. P. Reddy, D. Padeloup, M. K. Zadeh, and R. Skjetne, “An Intelligent Power and Energy Management System for Fuel Cell/Battery Hybrid Electric Vehicle Using Reinforcement Learning,” *ITEC 2019 - 2019 IEEE Transp. Electr. Conf. Expo*, 2019, doi: 10.1109/ITEC.2019.8790451.

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

---

- [36] M. Giliberto, F. Arena, and G. Pau, "A fuzzy-based solution for optimized management of energy consumption in e-bikes," *J. Wirel. Mob. Networks, Ubiquitous Comput. Dependable Appl.*, vol. 10, no. 3, pp. 45–64, 2019, doi: 10.22667/JOWUA.2019.09.30.045.
- [37] S. Hussain, M. A. Ahmed, and Y. C. Kim, "Efficient Power Management Algorithm Based on Fuzzy Logic Inference for Electric Vehicles Parking Lot," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 65467–65485, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2917297.
- [38] Q. Zhang, L. Wang, G. Li, and Y. Liu, "A real-time energy management control strategy for battery and supercapacitor hybrid energy storage systems of pure electric vehicles," *J. Energy Storage*, vol. 31, no. July, p. 101721, 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101721.
- [39] S. Pietrosanti, F. Alasali, and W. Holderbaum, "Power management system for RTG crane using fuzzy logic controller," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 37, no. January, p. 100639, 2020, doi: 10.1016/j.seta.2020.100639.
- [40] Y. Kim, M. Figueroa-Santos, N. Prakash, S. Baek, J. B. Siegel, and D. M. Rizzo, "Co-optimization of speed trajectory and power management for a fuel-cell/battery electric vehicle," *Appl. Energy*, vol. 260, no. May 2019, p. 114254, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114254.
- [41] R. Araria, A. Berkani, K. Negadi, F. Marignetti, and M. Boudiaf, "Performance analysis of DC-DC converter and DTC based fuzzy logic control for power management in electric vehicle application," *J. Eur. des Syst. Autom.*, vol. 53, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: 10.18280/jesa.530101.
- [42] A. K. Gautam, M. Tariq, J. P. Pandey, and K. S. Verma, "Optimal power management strategy of regenerative braking using fuzzy logic controller for BLDC Motor-Driven E-Rickshaw," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, pp. 1–10, 2021, doi: 10.3233/jifs-189774.
- [43] C. Abdeselem, A. Othmane, G. Brahim, S. M. Amine, H. Oussama, and H. M. Amine, "Power management strategy based sugeno fuzzy logic rules in an electric wheelchair," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 12, no. 2, pp. 1187–1195, 2021, doi: 10.11591/ijpeds.v12.i2.pp1187-1195.
- [44] S. M. Arif, T. T. Lie, B. C. Seet, S. Ayyadi, and K. Jensen, "Review of electric vehicle technologies, charging methods, standards and optimization techniques," *Electron.*, vol. 10, no. 16, pp. 1–21, 2021, doi: 10.3390/electronics10161910.
- [45] S. Bozhkov, "Structure of the Model of Hybrid Electric Vehicle Energy Efficiency," vol. 79, no. 3, pp. 76–79, 2021.
- [46] M. Ehsani, K. V. Singh, H. O. Bansal, and R. T. Mehrjardi, "State of the Art and Trends in Electric and Hybrid Electric Vehicles," *Proc. IEEE*, vol. 109, no. 6, pp. 967–984, 2021, doi: 10.1109/JPROC.2021.3072788.
- [47] C. Mahmoudi, A. Flah, and L. Sbita, "2014 International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb, CISTEM 2014," *2014 Int. Conf. Electr. Sci. Technol. Maghreb, Cist. 2014*, p. 1088, 2014.
- [48] P. Nieuwenhuis, L. Cipcigan, and H. B. Sonder, *The electric vehicle revolution*. Elsevier Ltd, 2020.
- [49] "Dictionary of Energy," vol. 737, no. 1991, p. 20110825, 2012, doi: 10.1016/B978-0-08-096811-7.50002-0.

---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

---

- [50] M. C. Kocer *et al.*, "Assessment of battery storage technologies for a Turkish power network," *Sustain.*, vol. 11, no. 13, 2019, doi: 10.3390/su11133669.
- [51] K. S. Boparai and R. Singh, *Electrochemical Energy Storage Using Batteries, Superconductors and Hybrid Technologies*. Elsevier Ltd., 2020.
- [52] Syafii, Y. Mayura, and A. El Gazaly, "Characteristics of lead-acid battery charging and discharging against residential load in tropical area," *2019 16th Int. Conf. Qual. Res. QIR 2019 - Int. Symp. Electr. Comput. Eng.*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/QIR.2019.8898277.
- [53] R. Article, "A brief review on key technologies in the battery management system of electric vehicles," 2018.
- [54] J. McDowall, "Batteries | Parallel and Series Connections," *Encycl. Electrochem. Power Sources*, pp. 499–509, 2009, doi: 10.1016/B978-044452745-5.00850-9.
- [55] T. H. Wang and Y. W. P. Hong, "Learning-based energy management policy with battery depth-of-discharge considerations," *2015 IEEE Glob. Conf. Signal Inf. Process. Glob. 2015*, pp. 992–996, 2016, doi: 10.1109/GlobalSIP.2015.7418346.
- [56] Wikipedia, "Sensor," 2022.
- [57] "PZEM-003 / 017 DC communication module," Solar - Thailand.
- [58] D. Ibrahim, "Chapter 1 - Introduction," *D. B. T.-A.-B. microcontroller projects using M. Ibrahim*, Ed. Newnes, 2019, pp. 1–7.
- [59] M. Gaudenzi Asinelli, M. Serra Serra, J. Molera Marimòn, and J. Serra Espauella, "The smARTS\_Museum\_V1: An open hardware device for remote monitoring of Cultural Heritage indoor environments," *HardwareX*, vol. 4, 2018, doi: 10.1016/j.ohx.2018.e00028.
- [60] T. Qiang, G. Guangling, L. Hai, C. Lina, and W. Han, "Nodemcu-based Low-cost Smart Home Node Design," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 435, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/435/1/012013.
- [61] A. Freund, "Relay," *EC M Electr. Constr. Maint.*, vol. 86, no. 1, pp. 79–85, 134, 1987, doi: 10.1002/9781119819035.ch5.
- [62] M. Xie, "Relay Channel," pp. 1–8, 2003.
- [63] M. Bates, *Power Outputs*. Elsevier Ltd, 2014.
- [64] M. S. Wang, S. C. Chen, and C. H. Shih, "Speed control of brushless DC motor by adaptive network-based fuzzy inference," *Microsyst. Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 33–39, 2018, doi: 10.1007/s00542-016-3148-0.
- [65] Z. Wang, H. Jin, J. Guo, J. Su, and M. Wang, "Research on Control System of Three-phase Brushless DC Motor for Electric Vehicle," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 274, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/274/1/012016.
- [66] R. Gambhir and A. K. Jha, "Brushless DC Motor : Construction and Applications," *Int. J. Eng. Sci.*, vol. 2, no. 5, pp. 72–77, 2013.
- [67] N. Chaker, I. Ben Salah, S. Tounsi, and R. Neji, "Design of Axial-Flux Motor for Traction Application," *J. Electromagn. Anal. Appl.*, vol. 01, no. 02, pp. 73–84, 2009, doi:



---

Rizki Alhidayat<sup>1</sup>

**SISTEM MANAJEMEN BATTERY UNTUK APLIKASI PENGISIAN BATTERY KENDARAAN LISTRIK SECA  
DENGAN METODE NEURAL NETWORK**

**Jurnal Qua Teknika, (2022), 12(2): 39-62**

---

10.4236/jemaa.2009.12012.

- [68] G. Ellis, *Basics of the Electric Servomotor and Drive*. 2012.
- [69] A. R. Paul and M. George, "Brushless DC motor control using digital PWM techniques," *2011 - Int. Conf. Signal Process. Commun. Comput. Netw. Technol. ICSCCN-2011*, no. Icscn, pp. 733–738, 2011, doi: 10.1109/ICSCCN.2011.6024647.
- [70] I. Sinclair, "Active Components and Integrated Circuits," *Electron. Simpl.*, pp. 47–59, 2011, doi: 10.1016/b978-0-08-097063-9.10003-2.
- [71] G. Yan and N. F. O. Serteller, "Brushless direct current (BLDC) machine Bipolar - Unipolar Driving Circuit education study," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 2694–2699, 2010, doi: 10.1016/j.sbspro.2010.03.398.
- [72] K. W. E. Cheng, B. P. Divakar, H. Wu, K. Ding, and H. F. Ho, "Battery-management system (BMS) and SOC development for electrical vehicles," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 60, no. 1, pp. 76–88, 2011, doi: 10.1109/TVT.2010.2089647.
- [73] G. Versluis and S. Thewissen, "User Interface," *Xamarin.Forms Solut.*, pp. 35–107, 2019, doi: 10.1007/978-1-4842-4134-9\_2.
- [74] A. C. Bento, "An Experiment with Arduino Uno and Tft Nextion for Internet of Things," *2018 Int. Conf. Recent Innov. Electr. Electron. Commun. Eng. ICRIEECE 2018*, no. July 2018, pp. 1238–1242, 2018, doi: 10.1109/ICRIEECE44171.2018.9008416.
- [75] M. Stangl, J. Pielmeier, C. Berger, S. Braunreuther, and G. Reinhart, "Development of a Web Based Monitoring System for a Distributed and Modern Production," *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 222–227, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.07.073.
- [76] V. Mahajan, P. Agarwal, and H. Om Gupta, "Chapter 3 - Power quality problems with renewable energy integration," P. Sanjeevikumar, C. Sharmeela, J. B. Holm-Nielsen, and P. B. T.-P. Q. in M. P. S. Sivaraman, Eds. Academic Press, 2021, pp. 105–131.