JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

# Electric-Based Vehicle Control System with Modified Half-Wave Rectifier Circuit to Increase Battery Power Efficiency

Received 16th January 2024
Accepted 22th January 2024
Published 22th January 2024

Open Access

Arif Firmansah 1[a], Adi Mulyadi 2[*b]

[a]Student of Departement Electrical Engineering, PGRI Banyuwangi University

[b]Lecturer of Departement Electrical Engineering, PGRI Banyuwangi University

* Corresponding E-mail: arffirmnsh@gmail.com, * adimulyadi@unibabwi.ac.id

**Abstract**: This paper discusses electric-based vehicle control systems. Electric vehicle charging stations are only capable of charging based on slow, medium, fast, ultra fast charging and are not equipped with an overcharge system. So a control system is proposed for overcharge protection of battery current and voltage. The control system is modified with a half wave rectifier circuit to increase battery power efficiency. Method of modifying a half wave rectifier circuit with IC LM 7812 and capacitor. The results of the circuit modification show that the battery power is 7.96 w, 7.26 w, 6.60 w, 5.94 w, 5.24 w at varying input voltages of 220-200 Vac, and the efficiency is 0.87%-0.86% at an input voltage of 190-180 Vac. Meanwhile, the battery power is 7.96 w at an input voltage of 230 Vac and the efficiency is constant at 0.87%. The application of a control system can increase the efficiency of electricity-based vehicle batteries at a constant input voltage.

**Keywords:** *Electric-Based Vehicle 1, Control System 2, Half-Wave Rectifier 3, Efeciency 4.*

## Pendahuluan

Teknologi transportasi memanfaatkan energi baru terbarukan (EBT) sebagai sumber tanaga penggeraknya [1]. Pemanfaatan EBT digunakan pada stasiun pengisian dengan permintaan yang semakin meningkat [2]. Stasiun pengisian diterapkan pada Kendaraan Berbasis Listrik (KBL) berdasarkan Peraturan Presiden No. 55 Tahun 2019 [3]. KBL digunakan untuk mengurangi emisi karbondioksida ($CO_2$) yang memiliki kontribusi pencemaran udara sebesar 60-70% dan cerobong asap 10-15% [4].

Stasiun pengisian KBL dibagi ke dalam tiga jenis yaitu mobil listrik, sepeda listrik dan bus listrik [5]. Pengguna mobil listrik di Indonesia mengalami peningkatan pada tahun 2019 yaitu 40 unit [6], tahun 2020 sebesar 230 unit [7], tahun 2021 mencapai hingga 110 unit [8], dan 2022 sebesar 7.679 unit. Pengguna sepeda listrik pada tahun 2019 mencapai 1.256 unit, tahun 2020 yaitu 1.500 unit [9], tahun 2021 sebesar 1.656 unit, dan tahun 2022 mencapai 25.782 unit [10]. Sedangkan pengguna bus listrik tahun 2019 hanya 4 unit, tahun 2020 mencapai 3 unit, dan tahun 2021 51 unit dan tahun 2022 adalah 100 unit [11].

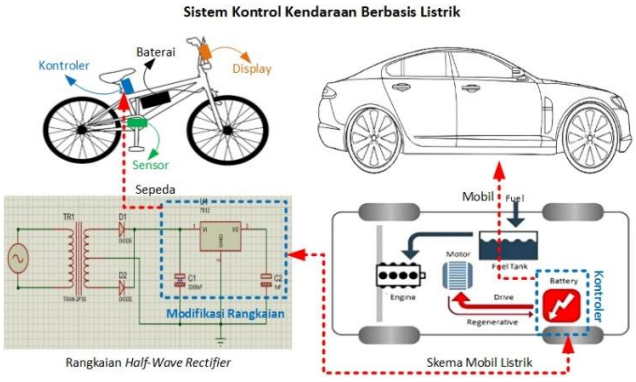
Namun, peningkatan pengguna KBL tidak diimbangi dengan kontrol pengisian baterai di Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) dan Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) [12]. Selain itu, sistem pengisian SPBKLU dan SPKLU hanya mampu mengisi daya baterai berdasarkan *Slow Charging* (± 8 jam), *Medium Charging* (± 2-4 jam), *Fast Charging* (± 30 menit s/d 1 jam) *dan Ultra Fast Charging* (± 15-30 menit) [13]. Pengisian daya baterai yang *overcharge* menyebabkan sel baterai cepat rusak [14]. Sehingga sistem pengisian membutuhkan kontrol untuk mengatasi *overcharge*.

Berbagai modifikasi telah dilakukan untuk mengontrol pengisian daya baterai KBL seperti kontrol *half-rectifier* pada *output ripple* [15], kontrol *hybrid* dengan *back-up* daya baterai [16], kontrol pengisian daya baterai dengan PV [17][18][19], *half-rectifier*, DC-DC, konverter, *pulse width modulation* (PWM), dan mikrokontroler [20], PLTS *of grid* [21], *solar charge controller* dan PWM [22], kontrol pengisian daya baterai *lithium-ion* [23], kontrol pengisian daya baterai dengan *Arduino* [24], *battery management system* (BMS) [25], kontrol proteksi arus dan penurunan tegangan baterai [26], *bost-converter* [27], kontrol pada *brushless DC motor* [28], kontrol algoritma tegangan baterai [29], kontrol *switching system dual platform* baterai [30], kontrol *buck converter* [31], *fuzzy logic* [32][33], *fuzzy logic* dan *ANFIS* [34].

Beberapa penelitian di atas tampak bahwa modifikasi rangkaian penyearah setengah gelombang untuk meningkatkan efisiensi daya baterai belum dilakukan. Oleh sebab itu, perancangan dan simulasi sistem kontrol kendaraan berbasis listrik diusulkan untuk proteksi overcharge arus dan tegangan pada efisiensi daya baterai. Kebaruan sistem kontrol adalah modifikasi half-wave rectifier dengan integrated circuit regulator voltage LM 7812 dan capasitor 3300 µF. Spesifikasi IC LM 7812 dapat beroperasi pada rentang temperatur ± 40-125$^0$C dan tegangan input 35 vdc, walaupun arus output dan disipasi daya terbatas [35]. Sedangkan capasitor 3000 µF bekerja pada rentang temperatur ± 40-125$^0$C, tegangan ± 25-75 vdc, toleransi ± 20% (20$^0$C, 120 Hz) [36]. Keunggulan sistem kontrol dapat meningkatkan efisiensi daya baterai kendaraan berbasis listrik.

## Metode

Metode penelitian menggunakan perancangan dan simulasi pada proteus. Perancangan meliputi rangkaian *half-wave rectifier* dengan modifikasi IC LM 7812 sebagai kontrol tegangan dan arus pada daya baterai. Sedangkan kapasitor C1 dan C2 digunakan untuk penyimpanan energi pada waktu siklus pengisian. Skema rangkaian *half-wave rectifier* terdiri dari tegangan sumber konstan 220 volt, trafo *step down,* dioda, kapasitor, dan IC Regulator. Trafo *step down* menggunakan tipe CT yang dihubungkan ke rangkaian dioda sebagai penyearah dan IC regulator serta kapasitor. Gambar 1 menjelaskan sistem kontrol kendaraan berbasis listrik.




Gambar 1. Sistem Kontrol Kendaraan Berbasis Listrik

Setelah tegangan sumber sinus melalui trafo step down, gelombang yang dihasilkan disearahkan oleh dioda. Sehingga *output* gelombang berupa siklus positif. Namun *output* gelombang memiliki *ripple*. Rangkaian filter kapasitor (C filter) bertujuan untuk membatasi *output ripple* atau fluktuasi pada tegangan keluaran dari rangkaian penyearah dioda. Rangkaian dioda mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus Searah (DC) tetapi tidak dalam bentuk murni. Oleh sebab itu, untuk membuat *output* DC murni, maka rangkaian menggunakan filter dan pengatur tegangan *output*. Filter dan kontrol tegangan input menggunakan IC regulator LM 7812 untuk menghasilkan tegangan *output* 12V.

## Spesifikasi Komponen

Komponen utama yang digunakan dalam rangkaian penyearah setengah gelombang yaitu transformator, dioda, kapasitor dan IC regulator tegangan sebagaimana dijelaskan pada tabel 1.

Table 1. Spesifikasi Desain Penyearah Setengah Gelombang

| Parameter | Nilai |
|---|---|
| Tegangan AC *Input* | 220 Vac |
| Trafo Step-down | 220 Vac to 38 Vdc |
| Kapasitor | 3300 µF |
| IC Regulator Tegangan | LM 7812 |
| Dioda (D1, D2) | ± 2 Vdc |

Rangkaian penyearah diusulkan untuk efisiensi daya baterai kendaraan berbasis listrik. Tegangan *output* penyearah tetap konstan dan diatur dengan menggunakan IC dan kapasitor pada rangkaian. Hal ini bertujuan untuk mengurangi *output ripple* pada gelombang DC. Selain itu, daya yang dihasilkan oleh rangkaian penyearah setengah gelombang dihitung berdasarkan efisiensi daya baterai. Perhitungan daya semu dan *output* daya trafo ($P_o$) dihitung dengan persamaan 1 [37].

$$P_o = V.I.\cos\varphi \qquad (1)$$

Dimana:

$P_o$ = Daya semu
$V$ = Tegangan *Output*
$I$ = Arus *Output*
$\cos\varphi$ = Cos Phi

Perhitungan $\cos\varphi$ dihitung dengan persamaan 2.

Journal of Educational Engineering and Environment

$$\cos\varphi = \frac{P_{out}(MW)}{S(MVA)} \quad (2)$$

Nilai $S$ dihitung dengan persamaan 3.

$$\cos\varphi = \sqrt{3}.V.I \quad (3)$$

Sehingga,

$$\cos\varphi = P_{out} \quad (4)$$

Maka,

$$P_o = V.I.\cos\varphi \quad (5)$$

Rugi-rugi daya $P_{cu}$ disebabkan beban arus yang mengalir pada penampang. Rugi-rugi daya $P_{cu}$ dihitung dengan persamaan 6.

$$P_{cu} = I_1^2.R_1 \quad (6)$$

Sedangkan efisiensi daya baterai dihitung dengan persamaan 7.

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + rugi\ total} x100\% \quad (7)$$

Rugi-rugi inti trafo terdiri dari rugi *hystersis* dan *eddy current* Persamaan rugi-rugi inti dihitung dengan persamaan 8.

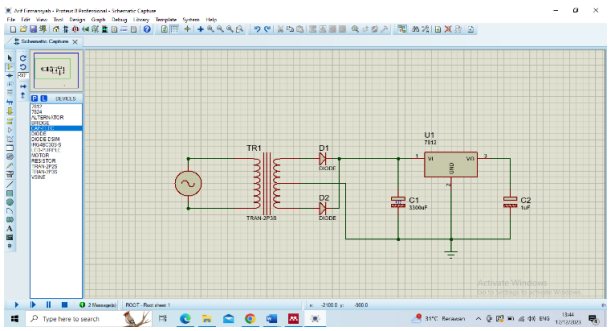
$$P_i = P_h + P_e \quad (8)$$

Pengaruh nilai efisiensi tidak mencapai 100% yaitu rugi-rugi daya penghantar dan cel baterai rusak. Persamaan rugi-rugi daya dihitung dengan persamaan 9.

$$Rugi\ Daya\ Total = P_i + P_{cu} \quad (9)$$

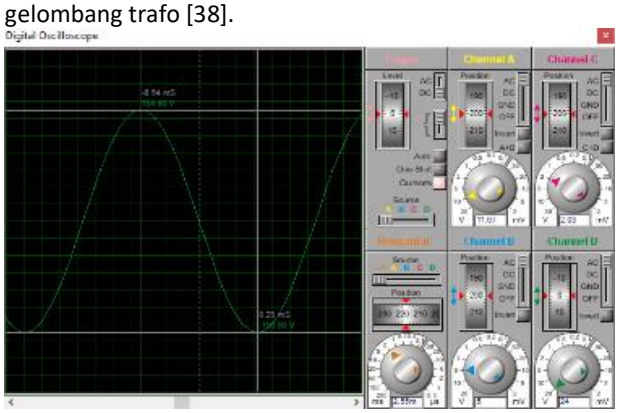
## Hasil dan Pembahasan

Rangkaian penyearah AC ke DC disimulasikan dengan proteus dijelaskan pada gambar 2. Sumber tegangan *input* sebesar 220 volt, trafo jenis *center tap step down* 220 Vac to 38 Vdc dan 2 jenis dioda digunakan sebagai penyearah gelombang *output* DC, IC regulator tegangan dan dua kapasitor sebagai filter.



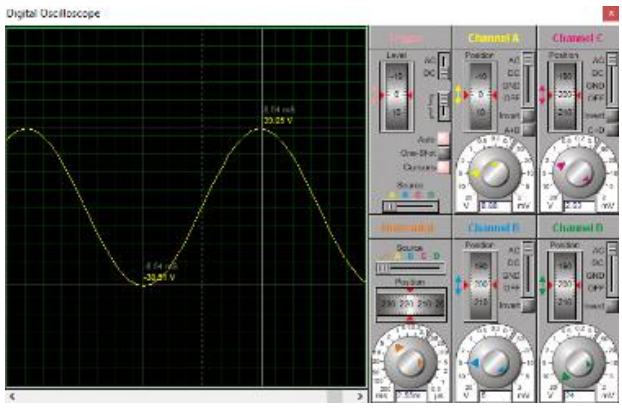

Gambar 2. Sistem Perancangan Kontrol Kendaraan Berbasis Listrik Pada Proteus

Gambar 3 menjelaskan bentuk gelombang keluaran penyearah AC ke DC. Gelombang merupakan tegangan input sumber yang berbentuk sinus. Puncak gelombang positif sebesar 154.80 volt pada waktu 8.59 m/s dan puncak gelombang negatif -154.80 volt dengan waktu 8.29 m/s. Suplai tegangan sumber tidak mempengaruhi *output* gelombang trafo [38].




Gambar 3. Gambar Gelombang Input AC

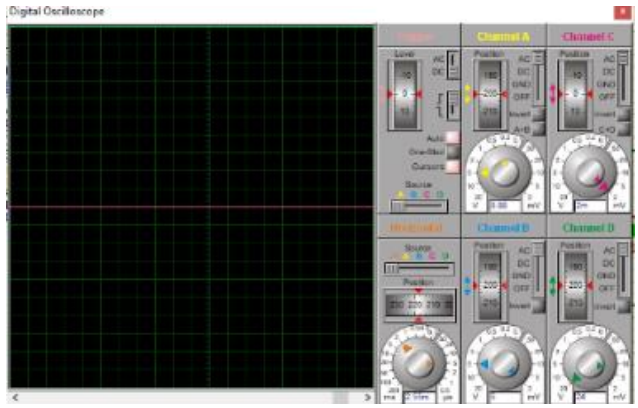
Gambar 4 menunjukkan bentuk *output* gelombang yang melewati trafo step down. Tegangan *output* yang dihasilkan sebesar 39.05 Vdc pada siklus positif dengan waktu 8.54 m/s. sedangkan siklus negatif menunjukkan 39.05 Vdc pada waktu 8.54 m/s. Tegangan *output* yang dihasilkan oleh trafo tidak dapat diterapkan pada sistem pengisian baterai kendaraan listrik. Hal ini menyebabkan baterai cepat rusak dan membutuhkan rangkaian penyearah untuk menurunkan tegangan sampai 12 Vdc.




Gambar 4. Bentuk Gelombang dari Keluaran Penyearah

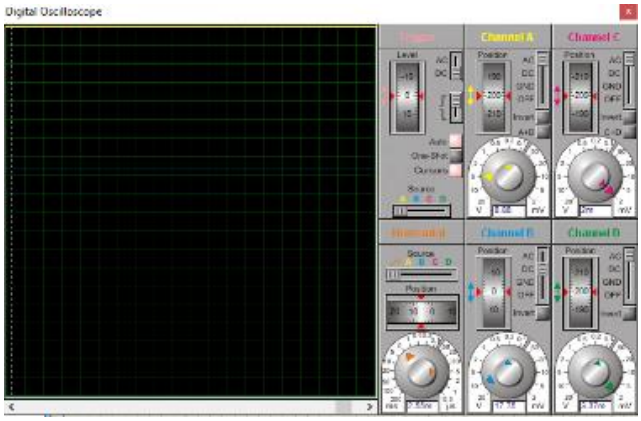
Gambar 5 menunjukkan *output* gelombang yang melewati kapasitor C1 dengan 3000 µF. Bentuk gelombang berupa gelombang DC untuk menghasilkan *output* pada sistem

pengisian baterai kendaraan berbasis listrik. Tegangan yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sebesar ± 12-15 Vdc. Jika dibandingkan dengan sistem pengisian baterai [15], *output* gelombang DC memiliki *ripple* dari kapasitor.



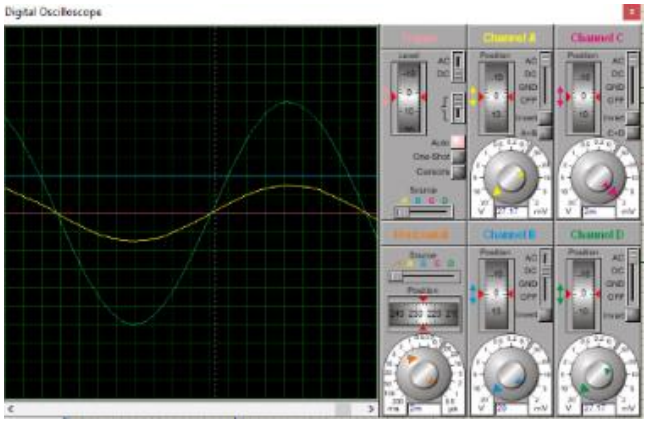
Gambar 5. Bentuk *Output* Gelombang Kapasitor

Gambar 6 menunjukkan tegangan *output* DC yang dihasilkan oleh rangkaian kapasitor dan IC regulator LM 7812 sebagai filter. Tegangan *output* filter mengalami fluktuasi yang disebabkan kapasitor dalam kondisi pengisian baterai. Tegangan *output* kapasitor tidak dapat dikontrol, dan fluktuasi terjadi secara kontinyu. Oleh karena itu, penggunaan IC regulator tegangan diperlukan untuk menjaga agar tegangan DC *output* tetap konstan dan pengisian baterai tidak mengalami *overcharge.*



Gambar 6. Bentuk *Output* Gelombang dari IC Regulator LM 7812

Gambar 7 merupakan hasil pengujian bentuk gelombang dari rangkaian konverter AC ke DC. Gelombang warna hijau adalah tegangan *input* AC 220 volt, gelombang warna kuning merupakan *output* tegangan trafo 38 Vdc, gelombang warna biru *output* tegangan kapasitor dan gelombang warna merah adalah *output* tegangan dari IC Regulator. Bentuk empat gelombang pada rangkain konverter AC ke DC menunjukan hasil gelombang *output* DC yang tidak mempunyai *ripple*. Sehingga tegangan *output* gelombang DC direkomendasikan pada sistem kontrol pengisian daya baterai kendaraan berbasis listrik.



Gambar 7. Bentuk Gelombang Konverter AC ke DC

Dari simulasi dan hasil gelombang di atas, selanjutnya dihitung berdasarkan efisiensi baterai dengan persamaan 1-9. Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 1 dan 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Frekuensi, Daya Baterai dan Tegangan *Output*

| Vin | Frekuensi | Daya Baterai | Vout | Efisiensi % |
|---|---|---|---|---|
| 220 V | 30 Hz | 7.96 W | 12 V | 0.87 |
| 210 V | 30 Hz | 7.26 W | 12 V | 0.87 |
| 200 V | 30 Hz | 6.60 W | 12 V | 0.87 |
| 190 V | 30 Hz | 5.94 W | 12 V | 0.86 |
| 180 V | 30 Hz | 5.28 W | 12 V | 0.86 |

Tabel 2 menunjukkan tegangan *output* dan faktor daya rangkaian penyearah dengan tegangan AC *input* bervariasi. Frekuensi sistem dijaga konstan dan tegangan AC *input* bervariasi. Pengaruh tegangan *input* yang bervariasi menyebakan daya baterai juga menurun. Namun, jika tegangan input konstan menyebabkan frekuensi, daya baterai dan tegangan *output* baterai juga konstan [39]. Efisiensi daya baterai diperoleh sebesar 0.87% pada tegangan *input* 220-200 Vac, dan efisiensi menurun sebesar 0.86% pada tegangan 190-180 Vac.

Table 3. Hasil Pengukuran Frekuensi, Daya Baterai dan Tegangan *Output*

| Vin | Frekuensi | Daya Baterai | Vout | Efisiensi % |
|---|---|---|---|---|
| 230 V | 30 Hz | 7.96 W | 12 V | 0.87 |
| 230 V | 30 Hz | 7.96 W | 12 V | 0.87 |
| 230 V | 30 Hz | 7.96 W | 12 V | 0.87 |
| 230 V | 30 Hz | 7.96 W | 12 V | 0.87 |
| 230 V | 30 Hz | 7.96 W | 12 V | 0.87 |

Tabel 3 menunjukkan tegangan input diatur konstan 230 Vac, frekuensi 30 Hz, daya baterai 7.96 watt, dan tegangan *output* baterai 12 Vdc. Pengaruh tegangan *input* yang bervariasi menyebakan daya baterai juga menurun. Namun, jika tegangan *input* konstan menyebabkan frekuensi, daya baterai dan tegangan *output* baterai juga konstan [40]. Efisiensi daya baterai diperoleh sebesar 0.87% pada tegangan *input* 230 Vac, dan daya baterai sebesar 7.96 watt.

## Kesimpulan

Penerapan sistem kontrol kendaraan berbasis listrik dengan modifikasi rangkaian penyearah setengah gelombang dapat meningkatkan efisiensi daya baterai. Modifikasi rangkaian penyearah setengah gelombang dengan IC LM 7812 dan kapasitor. Hasil modifikasi rangkaian menunjukkan bahwa daya baterai sebesar 7.96 w, 7.26 w, 6.60 w, 5.94 w, 5.24 w pada tegangan input yang bervariasi 220-200 Vac, dan efisiensi diperoleh 0.87%-0.86% pada tegangan *input* 190-180 Vac. Sedangkan daya baterai sebesar 7.96 w pada tegangan input 230 Vac dan efisiensi konstan sebesar 0.87%. Penerapan sistem kontrol dapat meningkatkan efisiensi daya baterai kendaraan berbasis listrik pada tegangan input yang konstan.

## Daftar Pustaka

[1] Ahmad, A. F. Farizy, and D. A. Asfani, "Jurnal Teknik ITS : publikasi online Mahasiswa ITS.," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. B278–B282, 2016.

[2] R. Faria, P. Moura, J. Delgado, and A. T. De Almeida, "Managing the charging of electrical vehicles: Impacts on the electrical grid and on the environment," *IEEE Intell. Transp. Syst. Mag.*, vol. 6, no. 3, pp. 54–65, 2014, doi: 10.1109/MITS.2014.2323437.

[3] M. Aziz, Y. Marcellino, I. A. Rizki, S. A. Ikhwanuddin, and J. W. Simatupang, "Studi Analisis Perkembangan Teknologi Dan Dukungan Pemerintah Indonesia Terkait Mobil Listrik," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 45, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7898.

[4] B. Andrian and J. Viter Marpaung, "Studi Perancangan Kendaraan Listrik E-Bsw Yang Ramah Lingkungan," *Ramah Lingkung. J. Inosains*, vol. 14, no. 2, pp. 44–50, 2019.

[5] I. Fitriana, A. Sugiyono, and K. Akhmad, "Pengembangan Kendaraan Listrik Baterai di Indonesia: Peran dalam Mengurangi Emisi," in *Seminar Nasional Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, Bandung: Balai Besar Bahan Dan Barang Teknik Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2020, pp. 140–145.

[6] I. Utami, D. Yoesgiantoro, and N. A. Sasongko, "Implementasi Kebijakan Kendaraan Listrik Indonesia Untuk Mendukung Ketahanan Energi Nasional," *J. Ketahanan Energi*, vol. Volume 8 N, no. 1, pp. 49–65, 2022.

[7] I. P. Agus Surya Adi P, I. N. Satya Kumara, and I. G. A. P. Raka Agung, "Status Perkembangan Sepeda Listrik Dan Motor Listrik Di Indonesia," *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 8, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p2.

[8] H. Fitrianto, "Analisis Penggunaan Kendaraan Listrik sebagai Upaya Penurunan Emisi Lingkungan Case Study Kendaraan Listrik di Provinsi Sumatera Utara," *Cakrawala Repos. IMWI*, vol. 6, no. 2, pp. 1056–1067, 2023.

[9] IESR, "Indonesia Clean Energy Outlook: Tracking Progress and Review of Clean Energy Development in Indonesia," 2019. [Online]. Available: www.iesr.or.id

[10] C. M. Annur, "Riset Deloitte dan Foundry: Penggunaan Motor Listrik di Indonesia Naik 13 Kali Lipat dalam Dua Tahun," 2023.

[11] Y. Xie, F. Posada, and A. Triatmojo, "Peta Jalan Kebijakan Untuk Percepatan Elektrifikasi Bus Angkutan Umum Perkotaan di Indonesia," 2023.

[12] ESR, "Dekarbonisasi Sektor Transportasi Untuk Meningkatkan Ambisi Mitigasi Perubahan Iklim Indonesia," 2019.

[13] Ministry of Energy and Mineral Resources, "Regulasi Penyediaan Infrastruktur Pengisian Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) Upaya Percepatan Pengembangan Infrastruktur KBLBB," 2023.

[14] D. Juarez-Robles, A. A. Vyas, C. Fear, J. A. Jeevarajan, and P. P. Mukherjee, "Overdischarge and Aging Analytics of Li-Ion Cells," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 167, no. 9, p. 090558, 2020, doi: 10.1149/1945-7111/aba00a.

[15] R. Thangasankaran and S. Parthasarathy, "Proteus/Simulink Analysis of Rectifier based E-Vehicle Charger Circuit," in *E3S Web of Conferences*, 2023, pp. 1–9. doi: 10.1051/e3sconf/202338701011.

[16] G. Musyahar and I. L. Mubarok, "Modifikasi Sepeda Listrik Menjadi Sepeda Listrik Hybrid Pada Suplai Energi Listrik," *Cahaya Bagaskara*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2017.

[17] A. J. Alrubaie, M. Salem, K. Yahya, M. Mohamed, and M. Kamarol, "A Comprehensive Review of Electric Vehicle Charging Stations with Solar Photovoltaic System Considering Market, Technical Requirements, Network Implications, and Future Challenges," *Sustain.*, vol. 15, no. 10, pp. 1–26, 2023, doi: 10.3390/su15108122.

[18] A. Maulana and K. P. Pratama, "Bacistikbel: Battery Charger Sepeda Listrik Berbasis Panel Surya," Universitas Islam Indonesia, 2022.

[19] A. Kurniawan and Novaldi, "Pengembangan Sepeda Listrik dengan Energi Surya Sebagai Sarana Transportasi Area Perkotaan," Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2021.

[20] A. Nurrachman, A. Saputra, and I. Riyanto, "Rancang Bangun Sepeda Portable Charging Station 12V 6W," *Ranc. bangun sepeda portable Charg. Stn. 12v 6w*, vol. 3, no. 2, pp. 384–393, 2020.

[21] A. Setyawan and A. Ulinuha, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station," *Transmisi*, vol. 24, no. 1, pp. 23–28, 2022, doi: 10.14710/transmisi.24.1.23-28.

[22] Arman and M. J. Dullah, "Perancangan Pengisian Baterai Sepeda Listrik Motor BLDC Menggunakan Panel Surya," in *Prosiding 5th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2021*, 2021, p. 2021.

[23] Asrori, M. Z. F. Harahap, and H. Agus, "Perbandingan Performansi Panel Surya Tipe Amorphous dan Polycrystalline terhadap Daya Pengisian Baterai Lithium-Ion pada Electric Scooter," *Jur. Tek. Mesin, Politek. Negeri Malang*, vol. 7, no. 4, pp. 1091–1103, 2022.

[24] A. Asrori, F. A. Jatmiko, M. N. Hidayat, and D. Perdana, "Pengaruh Panel Surya Bentuk Flat dan Flexy Terhadap Daya Pengisian Baterai Sepeda Listrik," *J. Rekayasa Hijau*, vol. 7, no. 1, pp. 90–100, 2023, doi: 10.26760/jrh.v7i1.90-100.

[25] B. A. Girawan, N. Akhlis, S. Laksana, and D. Prabowo, "Perancangan Sepeda Listrik Semoli Untuk Beban 80 Kg," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, 2022, doi: 10.35970/accurate.v3i2.1556.

[26] B. S. Utama, "Perancangan Baterai Sepeda Listrik Dilengkapi Dengan Sistem Monitoring Arus dan Proteksi Penurunan Tegangan," Universitas Tidar, 2022.

[27] E. Prianto, N. Yuniarti, and D. C. Nugroho, "Boost-Converter Sebagai Alat Pengisian Baterai Pada Sepeda Listrik Secara Otomatis," *J. Edukasi Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 52–62, 2020, doi: 10.21831/jee.v4i1.32632.

[28] D. Harjono, W. Widodo, H. Sugiarto, and A. Bakar, "Analisis Kapasitas Dan Pengisian Baterai Pada Mobil Listrik Ponecar," *J. Elit*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.31573/elit.v3i1.378.

[29] M. Fidaul Ahsan, R. Dodi Pratama, R. Sigit Hidayat, D. Prayoga, and D. Oktavina Radianto, "Rancangan Fast Charging untuk Kendaraan Listrik dengan Menggunakan Algoritma Kontrol Tegangan pada Baterai," *J. Syntax Fusion*, vol. 3, no. 07, pp. 708–714, 2023, doi: 10.54543/fusion.v3i07.342.

[30] F. N. Kuncoro, K. Hakim, and M. Al Hamid, "Desain dan Simulasi Switching System Dual Platform Baterai Hibrida Lead Acid dan Lithium Untuk Meningkatkan Performa Kendaraan Listrik Menggunakan software …," in *National Conference PKM Center Sebelas Maret University*, 2021, pp. 183–187.

[31] H. A. Bhardani, B. S. Kaloko, R. M. Gozali, and D. K. Setiawan, "Desain Sepeda Statis Sebagai Pemanen Energi Untuk Pengisian Baterai," *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 8, no. 1, p. 15, 2022, doi: 10.19184/jaei.v8i1.28290.

[32] A. Anshori, B. Siswojo, and R. N. Hasanah, "Teknik Fast Charging Baterai Lithium-Ion Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 26–37, 2020, doi: 10.33019/ecotipe.v7i1.1384.

[33] T. P. Cahyono, T. Hardianto, and B. S. Kaloko, "Pengujian Karakteristik Baterai Lithium-Ion Dengan Metode Fuzzy Dengan Beban Bervariasi," *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 6, no. 3, p. 82, 2020, doi: 10.19184/jaei.v6i3.19708.

[34] R. Rakhmawati, Z. Rana Khalisa Permana, R. Prilian Eviningsih, and P. Elektronika Negeri Surabaya, "Fast Charging on Li-ion Batteries with ANFIS Control," *Renny Rakhmawati Fast Charg. Li-ion …*, vol. 12, no. 2, pp. 93–100, 2023.

[35] ISC, "ISC Three Terminal Negative Voltage Regulator," China, 1991. [Online]. Available: http://www.iscsemi.cn

[36] Rubycorn, "Radial Lead Alumunium Electrolytic Capacitors," Singapore, 2000. [Online]. Available: https://www.mouser.co.id

[37] A. Tomi, Muliadi, and Syukri, "Analisis Efisiensi Transformator Daya di," *J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2023.

[38] M. F. Aulia and A. Mulyadi, "Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Dengan Modifikasi IC Untuk Mengurangi Output Ripple Gelombang DC," *J. Energy*, vol. 12, no. 2, pp. 57–64, 2022, doi: 10.51747/energy.v13i2.1779.

[39] E. Dermawan and A. Marthalia, "Evaluasi Penentuan Rugi-Rugi Transformatordalam Pengaruh Arus Non-Sinusoidal," *Tek. Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 7–15, 2017.

[40] A. N. Ihsan, Joko, B. Suprianto, and T. Wrahatnolo, "Analisis dan Efisiensi Kebutuhan Kapasitas Baterai 110 Volt DC Gas Insulated Switchgear (GIS) 150 KV Wonokromo Surabaya," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 03, pp. 481–488, 2022.