



IMPLEMENTASI PENGISIAN BATERAI KENDARAAN LISTRIK AC DAN DC DENGAN SUMBER ENERGI HYBRID

Brainvendra Widi Dionova¹, Kris Giyanto¹, Mauludi Manfaluthy¹, Ariep Jaenul, Legenda Prameswono Pratama¹, Mohammed N. Abdulrazaq²

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta

² Mechanical of Engineering Department, College of Engineering, Gulf University, Sanad, Kingdom of Bahrain

<p>INFORMASI ARTIKEL</p>	<p>A B S T R A K</p>
<p>Received: October 01, 2024 Revised: March 11, 2025 Available online: April 16, 2025</p>	<p>Saat ini permasalahan lingkungan selalu terkait dengan permasalahan teknologi transportasi khususnya teknologi kendaraan yang masih menggunakan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil. Yang menyebabkan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca akibat aktivitas manusia sendiri. Sektor transportasi memberikan andil yang besar dalam pengurangan emisi gas rumah kaca. Salah satu implementasi pengurangan CO₂ pada sektor transportasi adalah penggunaan kendaraan listrik. Saat ini kendaraan listrik mulai berkembang dan didukung oleh teknologi baterai yang semakin baik seperti berukuran kecil dan mampu menyimpan energi yang besar. Salah satu jenis kendaraan listrik sederhana adalah sepeda listrik. maka dibuatkan penelitian tentang “Implementasi Pengisian Baterai kendaraan listrik AC Dan DC Dengan Sumber Energi Hybrid” Pada penelitian ini menggunakan system control hybrid, Cara kerja dari control hybrid yakni dengan memakai dua sumber energi listrik yaitu sumber energi dari panel surya sebagai sumber utama dan sumber energi PLN sebagai sumber energy cadangan. Hasil pada pengujian hybrid dengan menggunakan baterai 72V 20ah tegangan dari baterai input sebesar 12.54V (80%) dengan posisi relay 1 dan relay 2 on, pengisian baterai motor listrik menggunakan sumber energi dari baterai sampai keadaan baterai turun sejauh 11.91V (40%) selama 50 menit pengisian. Ketika tegangan baterai input sudah mencapai 40% pengisian otomatis beralih menggunakan sumber energi dari PLN. Sumber energi PLN aktif dan mengeluarkan tegangan sebesar 227.7V dengan posisi relay 3 dan relay 4 on, pengisian baterai motor listrik menggunakan sumber energi dari PLN sampai keadaan baterai full menjadi 71.3(100%) selama 90 menit pengisian. Pengisian hybrid energi ini mengurangi kebutuhan energi listrik dari PLN sebesar 13%.</p> <p>Kata kunci— hybrid system, pengisian baterai, PLTS, Pengisian baterai tegangan AC, Pengisian baterai tegangan DC</p>
<p>CORRESPONDENCE</p>	<p>A B S T R A C T</p>
<p>E-mail: ¹brainvendra@jgu.ac.id</p>	<p>Currently, environmental problems are always related to transportation technology problems, especially vehicle technology that still uses fossil fuels. Which causes an increase in greenhouse gas concentrations due to human activities themselves. The transportation sector plays a major role in reducing greenhouse gas emissions. One implementation of CO₂ reduction in the transportation sector is the use of electric vehicles. Currently, electric vehicles are starting to develop and are supported by increasingly better battery technology such as being small in size and able to store large amounts of energy. One type of simple electric vehicle is an electric bicycle. then a study was made on "Implementation of AC and DC Electric Vehicle Battery Charging with Hybrid Energy Sources" In this study using a hybrid control system, the way the hybrid control works is by using two sources of electrical energy, namely the energy source from solar panels as the main source and the PLN energy source as a backup energy source. The results of the hybrid test using a 72v20ah battery, the voltage from the input battery was 12.54v (80%) with the relay 1 and relay 2 positions on, charging the electric motor battery using the energy source from the battery until the battery condition dropped to 11.91v (40%) for 50 minutes of charging. When the input battery voltage has reached 40%, automatic charging switches to using PLN energy sources. The PLN energy source is active and outputs a voltage of 227.7v with relay 3 and relay 4 on, charging the electric motor battery using PLN energy sources until the battery is full to 71.3 (100%) for 90 minutes of charging.</p> <p>Keywords— hybrid system, battery charging, PLTS, charging battery AC, charging battery DC</p>

I. PENDAHULUAN

Saat ini permasalahan lingkungan selalu terkait dengan permasalahan teknologi transportasi khususnya

teknologi kendaraan yang masih menggunakan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil. Pemanasan global merupakan proses meningkatnya suhu rata-rata pada lapisan atmosfer dan permukaan bumi yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca akibat aktivitas manusia sendiri. Sektor transportasi memberikan andil yang besar dalam pengurangan emisi gas rumah kaca [1], [2].

Ketersediaan cadangan bahan bakar minyak merupakan salah satu permasalahan global yang menimpa banyak negara di dunia ini. Jika dilihat dari waktu ke waktu harga minyak mentah dunia mengalami kenaikan yang sangat signifikan dan dengan tingginya harga minyak dunia sangat potensial mengakibatkan gejolak sosial dan ekonomi yang cukup signifikan. Bukan hal yang dapat dipungkiri lagi bahwa di Indonesia, kebutuhan masyarakat akan bahan bakar minyak dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Hal ini dapat dilihat dari jumlah konsumsi bahan bakar minyak atau yang biasa disebut bensin yang dimanfaatkan untuk kebutuhan pribadi. Kebutuhan akan bahan bakar minyak di Indonesia sudah menjadi kebutuhan primer. Hal ini dapat dilihat dari kebiasaan masyarakat menggunakan kendaraan ber bahan bakar minyak untuk keperluan jarak dekat [3].

Salah satu implementasi pengurangan CO₂ pada sektor transportasi adalah penggunaan kendaraan listrik. Kendaraan listrik mulai berkembang kembali dengan dikeluarkannya peraturan presiden 55/2019 tentang kendaraan listrik berbasis baterai. Beberapa kendaraan listrik khususnya sepeda motor listrik sudah dibuat di dalam negeri. Salah satu infrastruktur untuk mendukung kendaraan listrik adalah fasilitas pengisian daya [4], [5]. Maka diperlukannya upaya untuk mengimplementasikan sebuah sistem pengisian baterai kendaraan listrik yang penggunaannya dapat memaksimalkan daya dari panel surya dan listrik PLN sehingga dapat memaksimalkan pengisian baterai untuk mensuplai beban pada motor ac dan dc.

Penelitian yang dilakukan penulis, yaitu “implementasi pengisian baterai kendaraan listrik ac dan dc dengan sumber energi *hybrid*” untuk pengisian baterai pada kendaraan motor listrik dengan tegangan 72volt 20ah yang digunakan sebagai catu daya penggerak motor ac dan 48volt 12ah yang digunakan sebagai catu daya penggerak motor dc untuk pengisian sepeda motor listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari alam dan memiliki ketersediaan yang tidak terbatas, karena dapat diperbaharui secara alami dalam waktu singkat [6], [7]. Di Indonesia, energi fosil masih menjadi sumber energi dominan, namun pemanfaatannya menghadapi tantangan besar dalam hal keberlanjutan dan dampak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan perubahan paradigma dalam pengelolaan energi dengan meningkatkan peran energi terbarukan. Potensi besar yang dimiliki Indonesia, seperti energi matahari, angin, air, dan panas bumi, diharapkan dapat menjadi tumpuan utama dalam penyediaan energi nasional pada masa depan [8], [9].

Salah satu bentuk energi terbarukan yang populer adalah energi surya, yang dimanfaatkan melalui teknologi panel surya. Panel surya bekerja dengan menggunakan sel fotovoltaik untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses yang disebut efek

fotovoltaik. Setiap sel surya menghasilkan tegangan sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Sel-sel surya ini biasanya disusun secara seri untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan. Gabungan beberapa sel surya membentuk panel surya yang dapat menghasilkan arus dan tegangan yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan listrik sehari-hari, tergantung pada jumlah sinar matahari yang diterima dan luas permukaan panel tersebut [10]–[12].

Sistem hybrid adalah kombinasi dari dua atau lebih jenis sumber energi, baik energi terbarukan maupun energi non-terbarukan, untuk memaksimalkan efisiensi dan keandalan suplai energi. Sistem ini sering digunakan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan. Dalam pembangkit listrik hibrida, sumber energi terbarukan seperti matahari dan angin digunakan sebagai sumber energi utama, sementara energi non-terbarukan digunakan sebagai sumber cadangan ketika sumber energi terbarukan tidak mencukupi. Sistem ini terbukti efektif dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan [13].

Perangkat inverter juga memainkan peran penting dalam sistem hybrid, terutama dalam konversi energi. Inverter digunakan untuk mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya menjadi tegangan AC yang dapat digunakan oleh perangkat listrik rumah tangga. Inverter yang digunakan dalam sistem ini biasanya memiliki kapasitas daya yang beragam, mulai dari 1000W hingga 1600W, yang mampu mengonversi tegangan dengan efisiensi tinggi. Selain itu, inverter juga dilengkapi dengan sistem proteksi otomatis untuk mencegah kerusakan akibat *overheat* atau *overload* [14], [15].

Penelitian terkait sistem hybrid telah dilakukan dalam berbagai proyek untuk memadukan energi terbarukan dengan energi non-terbarukan [16]. Misalnya, Ghoni meneliti modifikasi sepeda listrik dengan memanfaatkan genset sebagai sumber energi tambahan. Pada penelitian ini, sepeda listrik menggunakan baterai 36V 7Ah untuk suplai daya motor DC 500W, yang dapat berjalan hingga 30 menit dengan kecepatan 3 km/jam [17]. Namun, dengan menggunakan genset, sepeda dapat berjalan hingga 9 jam dengan jarak tempuh 27 km. Penelitian ini menggarisbawahi bahwa penggabungan dua sumber energi memperpanjang masa operasional kendaraan, tetapi tidak memanfaatkan panel surya atau sumber dari PLN.

Penelitian lain oleh Andrew mengembangkan alat penyedot dan pemfilter air menggunakan sistem hybrid yang memadukan genset dan panel surya untuk pengisian baterai. Beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai 24V 100Ah, yang disuplai oleh inverter 1400W dengan variasi beban 536W hingga 537W [18]. Dalam penelitian ini, sistem pengisian baterai diatur oleh regulator yang akan memutuskan aliran energi saat sisa daya baterai mencapai 20%-30%, dan secara otomatis beralih ke sumber energi genset. Namun, penelitian ini tidak melibatkan *switching* otomatis antara panel surya dan PLN, sehingga potensi optimalisasi penggunaan kedua sumber energi belum tercapai.

Sementara itu, penelitian terbaru yang dilakukan oleh Bartsa Dilla mengembangkan sistem pengisian kendaraan listrik menggunakan sumber energi hybrid dari panel surya dan listrik PLN. Penelitian ini memfokuskan pada pengisian baterai berdaya besar, yaitu baterai 48V 20Ah untuk motor

DC 1000W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengisian baterai dengan memadukan dua sumber energi, yakni energi surya dan listrik PLN, menghasilkan efisiensi yang tinggi dalam pengisian daya. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah biaya komponen yang tinggi, terutama untuk kebutuhan daya besar seperti motor listrik yang digunakan dalam penelitian ini [19].

Dalam penelitian ini, penulis merancang sebuah sistem hybrid yang memanfaatkan sumber energi dari panel surya dan listrik PLN untuk pengisian baterai yang akan digunakan untuk mensuplai dua motor listrik, yaitu motor AC 1200W dan motor DC 1000W. Sistem ini diharapkan dapat mencapai efisiensi daya yang optimal dengan memanfaatkan dua sumber energi secara bergantian atau bersamaan, sehingga baterai dapat selalu terisi daya maksimal untuk digunakan. Tujuan dari sistem ini adalah untuk memaksimalkan penggunaan energi terbarukan, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, dan mencapai keandalan sistem yang lebih baik dalam operasional motor listrik.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kampus C Universitas Global Jakarta, yang berlokasi di Jl. Grand Depok City, Jl. Boulevard Raya No. 2, Kota Depok, Jawa Barat. Lokasi ini dipilih karena mudah diakses, sehingga penulis dapat melakukan pengujian alat dengan lebih efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem hybrid yang memadukan energi dari panel surya dan listrik PLN untuk pengisian baterai sepeda motor listrik. Sistem ini diharapkan dapat menghasilkan pengisian daya yang optimal dan efisien melalui pemanfaatan energi terbarukan dan energi konvensional.

Langkah-langkah penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, dimulai dari desain sistem, perancangan alat, hingga pengujian di lapangan. Penelitian ini menggunakan tiga buah baterai 12V50Ah yang disusun secara paralel, menghasilkan kapasitas 12V150Ah. Baterai ini kemudian digunakan sebagai sumber energi utama untuk mengisi baterai motor listrik AC dan DC. Ketika kapasitas baterai utama turun hingga 40%, sistem akan beralih otomatis ke sumber listrik PLN untuk melanjutkan pengisian baterai, menggunakan kontrol berbasis relay dan ESP8266. Diagram alir penelitian dan blok diagram keseluruhan digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan [19].

Pada sistem pengisian baterai AC, dua buah panel surya berkapasitas 150W dirangkai paralel, menghasilkan 300W untuk pengisian baterai input sebesar 12V150Ah. Inverter kemudian mengonversi tegangan menjadi 220V untuk pengisian baterai output sebesar 72V20Ah. Pengalihan dari energi surya ke listrik PLN dikontrol secara otomatis menggunakan sensor PZEM004T dan ESP8266, yang akan aktif saat baterai input mencapai 40%. Proses serupa digunakan dalam pengisian baterai DC, namun menggunakan boost converter untuk menaikkan tegangan ke 50.1V untuk pengisian baterai output sebesar 48V12Ah.

Sistem hybrid ini dirancang untuk kendaraan listrik, baik motor AC dengan baterai 72V20Ah maupun motor DC dengan baterai 48V12Ah. Keduanya menggunakan sumber energi yang dipadukan dari panel surya dan listrik PLN untuk pengisian. Sistem kontrol otomatis memastikan

bahwa pengisian berjalan efisien, dengan prioritas pada energi terbarukan dari panel surya, namun secara otomatis beralih ke sumber PLN ketika energi dari baterai input mendekati batas kritis.

Dalam perencanaan kebutuhan daya, motor AC membutuhkan daya sekitar 1200W dengan efisiensi 80%, sehingga baterai yang dibutuhkan memiliki kapasitas sekitar 125Ah. Sementara itu, motor DC yang memiliki daya 1000W memerlukan baterai dengan kapasitas sekitar 104.1Ah. Perhitungan ini menunjukkan besarnya kebutuhan baterai yang harus dipenuhi untuk memastikan motor listrik dapat beroperasi secara optimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan inovasi dalam pemanfaatan sistem hybrid yang menggabungkan sumber energi dari baterai dan PLN untuk pengisian baterai sepeda motor listrik. Pengujian dilakukan untuk memastikan alat yang telah dibuat dapat bekerja secara optimal dan sesuai dengan rancangan. Sistem hybrid ini menggunakan dua sumber energi, yakni energi dari baterai sebagai sumber utama dan energi dari PLN sebagai sumber cadangan. Pengujian dilakukan pada dua jenis motor listrik, yaitu motor AC dan motor DC, dengan menggunakan sumber energi baterai, PLN, dan kombinasi hybrid dari keduanya.

Pada implementasi sistem, stasiun pengisian baterai kendaraan listrik (SPKL) menggunakan dua sumber energi dengan keluaran untuk motor listrik AC dan DC. Gambar 1 menunjukkan desain SPKL, yang menggabungkan dua output beban untuk memenuhi kebutuhan daya dari kedua jenis motor tersebut. Sebelum pengisian, dilakukan pengecekan sisa kapasitas baterai menggunakan metode State of Charge (SOC) untuk memastikan baterai berada dalam kondisi optimal untuk pengisian. Gambar 2 menunjukkan hasil SOC baterai sebelum pengisian. Berdasarkan metode ini, kapasitas baterai yang tersisa dapat diketahui dengan akurat [20].



Gambar 1 Desain SPKL

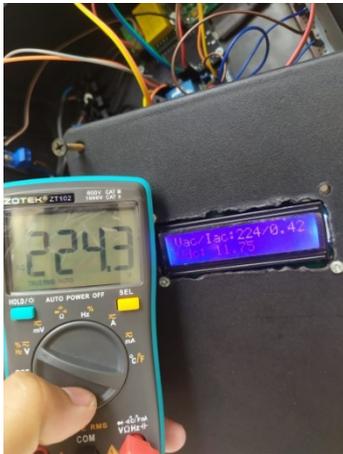
STATE OF CHARGE for Lead Acid-ACM-CEL when at rest for min 30 Min					
SOC	V open circuit				specific gravity per cell
	6-V battery	12-V battery	24-V bank	48-V bank	
100%	6.37	12.73	25.46	50.92	1.277
90%	6.31	12.62	25.24	50.48	1.258
80%	6.25	12.50	25.00	50.00	1.238
70%	6.19	12.37	24.74	49.48	1.217
60%	6.12	12.24	24.48	48.96	1.195
50%	6.05	12.10	24.20	48.40	1.172
40%	5.98	11.96	23.92	47.84	1.148
30%	5.91	11.81	23.62	47.24	1.124
20%	5.83	11.66	23.32	46.64	1.098
10%	5.75	11.51	23.02	46.04	1.073

Gambar 2 State of Charge Battery

Pada pengujian sensor PZEM004T, sensor ini diuji lima kali dan hasilnya dibandingkan dengan alat ukur standar. Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil sensor sangat akurat, dengan rata-rata error sebesar 0%. Ini menunjukkan bahwa sensor PZEM004T dapat diandalkan untuk memantau tegangan dan arus selama proses pengisian baterai. Gambar 3 menampilkan hasil pengujian dari sensor ini.

Tabel 1 Pengujian Sensor PZEM004T dengan Alat Ukur

Waktu Pengujian	Tegangan PZEM004T	Nilai dari Alat Ukur (V)	Error (%)
0 menit	224v	224v	0.0%
10 menit	224v	224v	0.0%
20 menit	224v	224v	0.0%
30 menit	224v	224v	0.0%
40 menit	224v	224v	0.0%

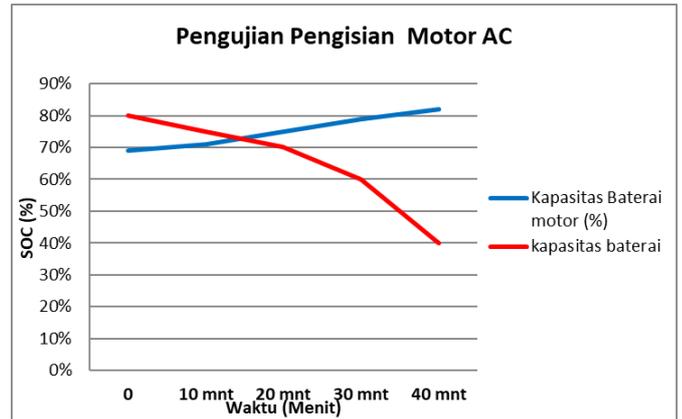


Gambar 3 Hasil Pengujian Sensor PZEM004T

Pengujian pengisian motor AC dilakukan pertama kali menggunakan sumber energi baterai. Tabel 2 memperlihatkan bahwa pengisian dilakukan dengan tegangan baterai input sebesar 12.54V (80%) dan tegangan output mencapai 233.4V melalui sensor PZEM004T. Setelah 50 menit pengisian, tegangan baterai motor meningkat dari 64.0V (69%) menjadi 66.5V (82%). Hasil ini menunjukkan bahwa kapasitas baterai cukup untuk pengisian motor dalam jangka waktu singkat.

Tabel 2 Pengujian Pengisian Motor AC dengan Sumber Energi Baterai

Waktu Pengisian (Menit)	Kapasitas Baterai (%)	Tegangan Baterai (V)	Pzem (V)	Tegangan Baterai Motor (V)	Kapasitas Baterai Motor (%)
0	80%	12.54v	233.4v	64.0v	69%
10 menit	75%	12.42v	232.8v	64.4v	71%
20 menit	70%	12.34v	233.5v	65.2v	75%
30 menit	60%	12.20v	225.3v	65.9v	79%
40 menit	40%	11.91v	223.0v	66.5v	82%

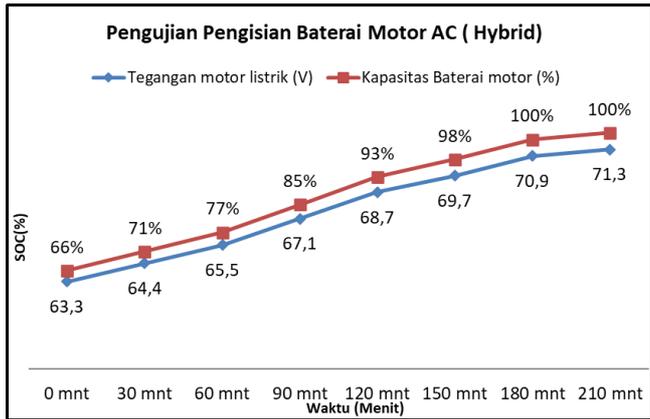


Gambar 4 Pengujian Pengisian Motor AC

Pada pengujian pengisian motor AC menggunakan sumber energi dari PLN, pengisian dilakukan dengan rata-rata tegangan 223.4V, dan baterai motor diisi hingga penuh dengan tegangan 71.3V (100%) dalam waktu 210 menit, seperti ditampilkan dalam Tabel 3 dan Gambar 5. Ini menunjukkan bahwa pengisian dari PLN lebih stabil dan efisien.

Tabel 3 Pengujian Pengisian Motor AC dengan Sumber Energi dari PLN

Waktu Pengisian (Menit)	Pzem (V)	Tegangan Baterai Motor (V)	Kapasitas Baterai Motor (%)
0 menit	223.4	63.3v	66%
30 menit	232.8v	64.4v	71%
60 menit	231.5v	65.5v	77%
90 menit	228.3v	67.1v	85%
120 menit	227.0v	68.7v	93%
150 menit	225.8v	69.7v	98%
180 menit	224.1v	70.9v	100%
210 menit	223.1	71.3v	100%

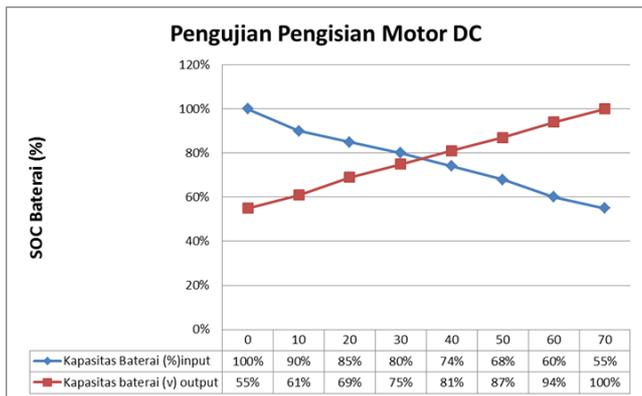


Gambar 5 Pengujian Pengisian Motor AC (Hybrid)

Pengujian pengisian motor DC dilakukan dengan dua sumber energi, yakni baterai dan PLN. Tabel 4 menunjukkan bahwa pada pengisian menggunakan baterai, tegangan input sebesar 12.74V menghasilkan tegangan output melalui Boost Converter sebesar 50.1V. Pengisian ini berlangsung selama 80 menit hingga baterai mencapai 50.8V (100%).

Tabel 4 Pengujian Pengisian Motor DC dengan Sumber Energi Baterai

Waktu	Kapasitas Baterai (%)	Tegangan Baterai (V)	Boost Converter (V)	Tegangan Baterai Motor (V)	Kapasitas Baterai Motor (%)
	Output	Input		Output	Input
0	100	12.74	50.1	48.7	55
10	90	12.65	50	49	61
20	85	12.57	50.1	49.4	69
30	80	12.5	50.1	49.7	75
40	74	12.42	50.1	50	81
50	68	12.32	50	50.3	87
60	60	12.26	50	50.6	94
70	55	12.17	50	50.8	100

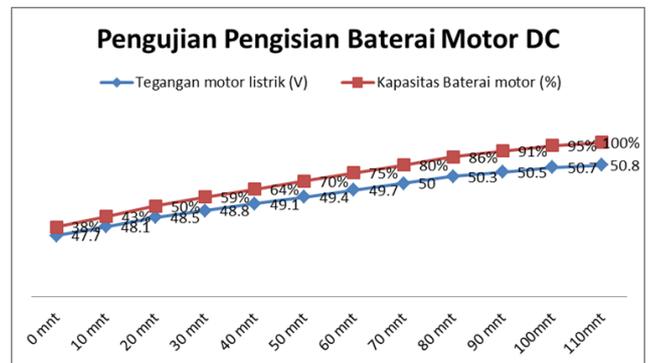


Gambar 6 Hasil Pengujian Tegangan Output Boost Converter

Pada pengujian pengisian motor DC dengan sumber energi dari PLN, tegangan input sebesar 229.7V melalui Power Supply menghasilkan tegangan output 49.98V, dan pengisian berlangsung selama 120 menit, seperti diperlihatkan dalam Tabel 5 dan Gambar 7. Hasil ini menunjukkan bahwa pengisian dari PLN memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan pengisian menggunakan baterai.

Tabel 5 Pengujian Pengisian Motor DC dengan Sumber Energi dari PLN

Waktu Pengisian (Menit)	PLN (V)	Power Supply (V)	Tegangan Output (V)	Persentase Baterai (%)
0 menit	229.7v	49.88v	47.7v	38%
10 menit	229.6v	49.89v	48.1v	43%
20 menit	229.7v	49.88v	48.5v	50%
30 menit	229.7v	49.87v	48.8v	59%
40 menit	229.6v	49.88v	49.1v	64%
50 menit	229.8v	49.89v	49.4v	70%
60 menit	229.7v	49.89v	49.7v	75%
70 menit	229.6v	49.86v	50.0v	80%
80 menit	229.6v	49.84v	50.3v	86%
90 menit	229.7v	49.84v	50.5v	91%
100 menit	229.5v	49.84v	50.7v	95%
110 menit	229.5v	49.83v	50.8v	100%

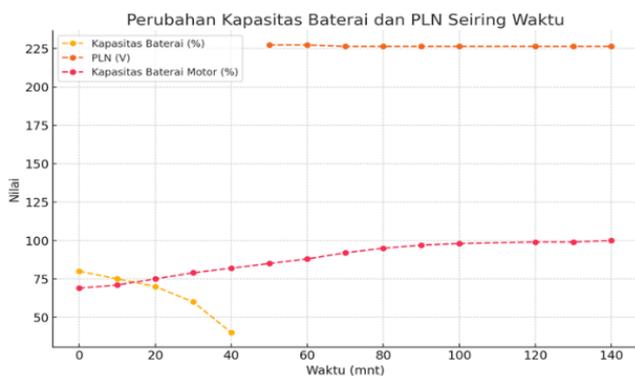


Gambar 7 Hasil Pengujian Tegangan Output PSU 48V

Berdasarkan tabel 6 dan gambar 8 hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem hybrid yang dirancang bekerja dengan baik, dapat beralih otomatis antara dua sumber energi, dan dapat diandalkan untuk pengisian baterai motor listrik AC dan DC secara efisien. Pada pengujian hybrid dengan menggunakan baterai 72v20ah tegangan dari baterai input sebesar 12.54v(80%) dengan posisi relay 1 dan relay 2 on, pengisian baterai motor listrik menggunakan sumber energi dari baterai sampai keadaan baterai turun sejauh 11.91v(40%) selama 50 menit pengisian. Ketika tegangan baterai input sudah mencapai 40% pengisian otomatis beralih menggunakan sumber energi dari PLN. Sumber energi PLN aktif dan mengeluarkan tegangan sebesar 227.7v dengan posisi relay 3 dan relay 4 on, pengisian baterai motor listrik menggunakan sumber energi dari PLN sampai keadaan baterai full menjadi 71.3(100%) selama 90 menit pengisian. Pengisian berbasis hybrid ini mengurangi penggunaan energi dari PLN dengan pengisian kendaraan listrik dari 69% - 100% sebesar 13% dengan kondisi sumber baterai dari 80% - 40%. Sistem ini dapat meningkatkan kapabilitas pengisian dan mengurangi kebutuhan energi listrik dari panel surya sebesar 13%.

Tabel 6 Pengujian pengecasan Hybrid pada motor AC dan DC

Waktu (menit)	Kapasitas Baterai (%)	Tegangan Baterai (V)	Tegangan Inverter (V)	Tegangan PLN (V)	Tegangan Boost Converter (V)	Power Supply (V)	Tegangan Baterai Motor (V)	Kapasitas Baterai Motor (%)	Relay	Keterangan
0	80	12.54	232.3	-	48.06	-	64	69	R1/R2 (ON) R3/R4 (OFF)	Menggunakan Energi Baterai
10	75	12.42	232.6	-	48.06	-	64.4	71	R1/R2 (ON) R3/R4 (OFF)	Menggunakan Energi Baterai
20	70	12.34	233.2	-	48	-	65.2	75	R1/R2 (ON) R3/R4 (OFF)	Menggunakan Energi Baterai
30	60	12.20	223	-	47.99	-	65.9	79	R1/R2 (ON) R3/R4 (OFF)	Menggunakan Energi Baterai
40	40	11.91	223.1	-	47.98	-	66.5	82	R1/R2 (ON) R3/R4 (OFF)	Menggunakan Energi Baterai
50	-	-	-	227.7	-	48	68.1	85	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
60	-	-	-	227.3	-	48	68.5	88	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
70	-	-	-	226.4	-	48	69	92	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
80	-	-	-	226.4	-	48	69.4	95	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
90	-	-	-	226.4	-	48	69.9	97	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
100	-	-	-	226.4	-	48	70.4	98	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
110	-	-	-	226.4	-	48	70.8	98	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
120	-	-	-	226.4	-	48	70.9	99	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
130	-	-	-	226.4	-	48	71	100	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN
140	-	-	-	226.4	-	48	71.3	100	R1/R2 (OFF) R3/R4 (ON)	Menggunakan Energi PLN



Gambar 8 Pengujian Pengisian Baterai Motor Listrik AC

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian dan analisis terhadap implementasi pengisian baterai kendaraan listrik AC dan DC dengan menggunakan sumber energi hybrid pada sepeda motor listrik, dapat disimpulkan bahwa sistem hybrid ini efektif dalam menggabungkan sumber energi dari baterai dan PLN. Pada pengujian pengisian baterai motor AC, baterai mampu bertahan selama 50 menit dengan peningkatan tegangan dari 64.0V (69%) menjadi 66.5V (82%). Namun, pengisian dari sumber PLN lebih efisien, membutuhkan waktu sekitar 210 menit untuk mencapai 100%. Untuk motor DC, pengisian dari baterai menghasilkan tegangan penuh 50.8V (100%) dalam 80

menit, sedangkan pengisian dari PLN memerlukan waktu 120 menit untuk mencapai kapasitas penuh. Pada pengujian hybrid, sistem secara otomatis beralih dari baterai ke PLN saat kapasitas baterai turun di bawah 40%, dan pengisian dari PLN berhasil mengisi baterai hingga penuh dalam waktu 90 menit.

REFERENSI

[1] B. Setyono, F. P. Nugroho, D. A. Patriawan, and ..., "Perancangan dan Analisis Sistem Pneumatik pada Kendaraan Hybrid Penggerak Motor Listrik dan Udara Bertekanan BED-18 Bayu Petir," *Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan 1 (SENASTITAN 1)*, vol. 1, no. 1, pp. 319–327, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.itats.ac.id/senastitan/article/view/1656>

[2] M. Rasool, M. A. Khan, K. Aurangzeb, M. Alhusein, and M. A. Jamal, "Comprehensive techno-economic analysis of a standalone renewable energy system for simultaneous electrical load management and hydrogen generation for Fuel Cell Electric Vehicles," *Energy Reports*, vol. 11, no. June, pp. 6255–6274, 2024, doi: 10.1016/j.egy.2024.05.063.

[3] E. Prayogi, E. Prasetyo, and A. Riski, "Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Sepeda Listrik," *Pros. Semin. Rekayasa Teknol.*, vol. 29, pp. 73–78, 2020.

[4] G. F. Savari et al., "Assessment of charging technologies, infrastructure and charging station recommendation schemes of electric vehicles: A review," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 14, no. 4, p. 101938, 2023, doi: 10.1016/j.asej.2022.101938.

[5] IESR, "Indonesia Energy Transition Outlook 2023: Tracking Progress of Energy Transition in Indonesia: Pursuing Energy Security in the Time of Transition," p. Please cite this report as: IESR (2022). Indonesia, 2022, [Online]. Available: www.irena.org

- [6] H. Shamatah, S. Azouz, A. Khalil, and Z. Rajab, "The potential of the rooftop grid-connected PV systems in Benghazi," *2017 IEEE Jordan Conf. Appl. Electr. Eng. Comput. Technol. AEECT 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1109/AEECT.2017.8257778.
- [7] T. Haryanto, "Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch," *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 43, 2021, doi: 10.22441/jtm.v10i1.4779.
- [8] G. E. Halkos and E. C. Gkampoura, "Reviewing usage, potentials, and limitations of renewable energy sources," *Energies*, vol. 13, no. 11, 2020, doi: 10.3390/en13112906.
- [9] H. Hardianto, "Utilization of Solar Power Plant in Indonesia: A Review," *Int. J. Environ. Eng. Educ.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–8, 2019, doi: 10.55151/ijeedu.v1i3.21.
- [10] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [11] H. N., S. Hampannavar, D. B., O. M. Longe, S. Mansani, and V. Komanapalli, "Assessment of microgrid integrated biogas-photovoltaic powered Electric Vehicle Charging Station (EVCS) for sustainable future," *Energy Reports*, vol. 9, no. S12, pp. 139–143, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.09.098.
- [12] B. W. Dionova, R. J. P. S., D. J. Vresdian, and L. P. Pratama, "Evaluation of 300 WP Solar Photovoltaic Panel Performance for Electric Vehicle Charging Station," vol. 19, no. 03, pp. 80–84, 2023, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.32497/eksergi.v19i03.5008>
- [13] S. E. Wardhana, "Rancang bangun pembangkit listrik hibrida menggunakan kincir angin sumbu vertikal savonius dan panel sel surya skala kecil," *Inst. Teknol. Nas. Malang*, 2017, [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/4095/>
- [14] A. B. Pulungan, J. Sardi, H. Hamdani, and H. Hastuti, "Pemasangan Sistem Hybrid Sebagai Penggerak Pompa Air," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 2, p. 35, 2019, doi: 10.24036/jtev.v5i2.106559.
- [15] F. F. Ahmad, O. Rejeb, A. Kadir Hamid, M. Bettayeb, and C. Ghenai, "Performance analysis and planning of Self-Sufficient solar PV-Powered electric vehicle charging station in dusty conditions for sustainable transport," *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 27, no. August, p. 101214, 2024, doi: 10.1016/j.trip.2024.101214.
- [16] J. A. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. J. Martinez, and J. M. Marquez-Barja, "A review on electric vehicles: Technologies and challenges," *Smart Cities*, vol. 4, no. 1, pp. 372–404, 2021, doi: 10.3390/smartcities4010022.
- [17] M. Arsyad and N. Wahyuni, "Modifikasi Sepeda Konvensional Menjadi Sepeda Listrik," *Pros. 5th Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy. 2021*, pp. 40–43, 2021, [Online]. Available: <https://www.polygonbikes.com/id/mengenal-sejarah-dan-munculnya-sepeda-di-indonesia/>
- [18] A. Joewono, R. Sitepu, P. R. Angka, L. Nico, and D. Wulandari, "ALAT PENYEDOT DAN PEMFILTER AIR DENGAN TENAGA LISTRIK HYBRID- BERGERAK," *J. Ilm. Pendidik.*, vol. 9, no. 3, pp. 312–316, 2023.
- [19] B. Dilla, B. W. Dionova, S. Wilyanti, A. Jaenul, Z. M. Antono, and A. Pangestu, "Implementasi Solar Charge Controller Untuk Pengisian Baterai Dengan Menggunakan Sumber Energi Hybrid Pada Sepeda Motor Listrik," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 128–135, 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.53327.
- [20] S. Alam, H. Tony, and I. G. Darmawan, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Otomatis Untuk Tanaman Berbasis Arduino dan Kelembapan Tanah," *Ejournal Kaji. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 44–57, 2018.