

Desain dan Analisis Pengisian Baterai Sepeda Listrik Mandiri Pada PLTS Off-Grid Fakultas Teknik Universitas Mataram

Supriyatna, Ni Made Seniari, Ida Ayu Sri Adnyani, Sabar Nababan, Abdul Natsir,
Muhammad Rivaldi Harjian*, Agung Herdiansyah

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat

*Koresponden email: rivaldi.harjian97@staff.unram.ac.id

Diterima: 23 Juni 2026

Disetujui: 27 Juni 2026

Abstract

The increasing use of electric vehicles drives the need for environmentally friendly and independent energy charging systems. The use of off-grid Solar Power Plants (PLTS) is one solution to support electric vehicle battery charging systems without dependence on conventional electricity networks. This study aims to design and analyze an independent electric bicycle battery charging system using an off-grid PLTS with a capacity of 1200 Wp at the Faculty of Engineering, University of Mataram. The designed system consists of solar panels, Solar Charge Controller (SCC), battery, inverter, and charger box equipped with a charging control system. Tests were conducted on a 48 V–12 Ah electric bicycle battery using two charging scenarios, namely fixed current and variable current. The test results showed that the variable current charging method resulted in a faster charging time, namely 6.5 hours with a total energy requirement of 681.02 Wh, while the fixed current method produced a more stable charging and had the potential to increase battery life. Analysis of the charger box efficiency showed that the charging efficiency value was in the range of 80–98% with an average of 90.28%. The research results show that the off-grid PLTS-based charging system is able to work effectively and has high efficiency to support campus-scale electric vehicle charging stations.

Keyword: *battery charging, charger efficiency, electric bicycles, off-grid solar power*

Abstrak

Peningkatan penggunaan kendaraan listrik mendorong kebutuhan sistem pengisian energi yang ramah lingkungan dan mandiri. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid menjadi salah satu solusi untuk mendukung sistem pengisian baterai kendaraan listrik tanpa ketergantungan pada jaringan listrik konvensional. Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis sistem pengisian baterai sepeda listrik mandiri menggunakan PLTS off-grid berkapasitas 1200 Wp di Fakultas Teknik Universitas Mataram. Sistem yang dirancang terdiri atas panel surya, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, inverter, dan box charger yang dilengkapi sistem kendali pengisian. Pengujian dilakukan pada baterai sepeda listrik 48 V–12 Ah menggunakan dua skenario pengisian, yaitu arus tetap dan arus tidak tetap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode pengisian arus tidak tetap menghasilkan waktu pengisian lebih cepat, yaitu 6,5 jam dengan kebutuhan energi total sebesar 681,02 Wh, sedangkan metode arus tetap menghasilkan pengisian yang lebih stabil dan berpotensi meningkatkan umur baterai. Analisis efisiensi box charger menunjukkan nilai efisiensi pengisian berada pada rentang 80–98% dengan rata-rata sebesar 90,28%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengisian berbasis PLTS off-grid mampu bekerja secara efektif dan memiliki efisiensi yang tinggi untuk mendukung stasiun pengisian kendaraan listrik skala kampus.

Kata Kunci: *plts off-grid, sepeda listrik, pengisian baterai, efisiensi charger*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara berpotensi energi surya yang besar berkisar antara 4,5–5,5 kWh/m² per hari. Hal ini karena Indonesia berada pada garis khatulistiwa. Potensi energi surya besar ini sangat mendukung pembangunan pembangkit Listrik tenaga surya (PLTS) baik pada skala besar maupun skala kecil. Di Pulau Lombok terdapat 4 PLTS skala besar berkapasitas total 26 MWp (Mega Watt peak).

Fakultas Teknik Universitas Mataram sendiri memiliki PLTS Kampus pada koordinat -8.588053°, 116.097621° di halaman depan Fakultas Teknik UNRAM. Pada koordinat tsb. menggunakan sistem modul solar surya (photovoltaic – PV) mengarah pada sudut azimuth 0° dan kemiringan panel 12° menghasilkan

5,275 kWh/m²/hari berdasarkan software Global Solar Atlas. Pada alternatif posisi panel PV, yaitu azimuth 48^o dan kemiringan 16^o akan menghasilkan energi rerata 5,340 kWh/m²/hari [1].

Fakultas Teknik Universitas Mataram telah memanfaatkan energi surya dengan PLTS-Off-Grid skala kecil berkapasitas 1.200 Wp (4 x 300 Wp). Daya PLTS ini pada siang hari digunakan untuk mengisi baterai berkapasitas 2 x 100 Ah dan malam hari daya baterai dimanfaatkan untuk lampu penerangan dan lampu sorot halaman. PLTS Fakultas Teknik ini juga digunakan mahasiswa Program Studi Elektro sebagai obyek dan tempat penelitian, khusus berhubungan PLTS dan pemanfaatan lanjutan. Pemanfaatan ini akan didayagunakan pada siang hari untuk fungsi sebagai pengisian baterai sepeda listrik atau sebagai stasiun pengisian kendaraan listrik (roda dua) kampus.

Realisasi sistem pengisian baterai kendaraan listrik khusus roda 2 di kampus, diperlukan desain model sistem pengisian mandiri, Mandiri berarti sumber energi diperoleh dari energi surya menggunakan modul PV (photovoltaic) PLTS Off-grid. Tiga model pengisian mandiri akan diteliti untuk mendapatkan model sistem pengisian yang efektif. Efektifitas ditinjau dari segi efisiensi energi, fleksibilitas sistem pengisian dan pengontrolan baterai, serta keandalan. Selanjutnya model pengisian yang efektif akan diimplementasikan pada sistem PLTS Kampus sebagai stasiun pengisian kendaraan listrik roda dua.

Penelitian mengenai pemetaan potensi energi surya di berbagai wilayah global dan nasional, juga implementasi sistem PV baik yang dengan jaringan listrik *off-grid* dan *microgrid*, dan kontroler stasiun pengisian listrik (*electric charging station*) yang telah dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah nasional dan internasional. Peningkatan penggunaan kendaraan listrik terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini seiring dengan kesadaran masyarakat tentang polusi lingkungan terutama polusi udara. Sebagian besar polusi udara disebabkan oleh kendaraan berbahan bakar fosil. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menyebabkan harga kendaraan listrik semakin bersaing dengan kendaraan konvensional terutama ditinjau dari biaya operasional dan pemeliharaan.

Sampai Mei 2024 populasi kendaraan ramah lingkungan ini telah mencapai 144.547 unit. Jumlah itu terdiri dari sepeda motor roda dua, roda tiga, kendaraan penumpang, serta bus dan truk [2]. Motor dan sepeda listrik merupakan dua jenis kendaraan transportasi yang penggunaannya sangat meningkat dan menyebar luas di lingkungan masyarakat. Hal ini karena harga sepeda dan motor listrik relative bersaing dengan kendaraan konvensional dan berbahan bakar fosil. Hal lain disebabkan kendaraan listrik ini mudah dalam penguasaan dan penggunaan teknologi.

Pengisian baterai kendaraan listrik dapat dilakukan dengan menggunakan energi listrik jaringan PLN. Penggunaan energi Listrik dari jaringan PLN tidak berpengaruh besar untuk penurunan polusi udara. Hal ini karena energi Listrik dalam jaringan PLN sebagian besar dibangkitkan menggunakan energi fosil, seperti PLTU, PLTG, PLTGU dan PLTD. Alternatif efektif penggunaan kendaraan listrik adalah menggunakan energi surya sebagai energi pengisi baterai. PLTS mandiri sebagai pembangkit energi listrik dari energi primer dalam hal ini energi surya. Pemanfaatan PLTS menjadi alternatif utama yang dapat diterapkan di berbagai tempat di Indonesia, termasuk di lingkungan Kampus Fakultas Teknik Universitas Mataram. PLTS Off-grid pada Fakultas Teknik berdaya 1.200 Wp dengan kapasitas baterai 2 x 100 Ah.

Disain dan analisis station pengisian kendaraan listrik menggunakan PLTS Off-grid [3], [4] dan khusus untuk pengisian baterai sepeda listrik (e-bike) [5], [6]. Pada keempat penelitian tsb., para peneliti melakukan perancangan station pengisian baterai kendaraan listrik. Sumber energi listrik untuk pengisian baterai berasal dari PLTS off-grid. Disain dan simulasi PLTS Off-grid dengan baterai untuk pengisian baterai kendaraan listrik (*electric vehicle*) [7]. Pemanfaatan PLTS off-grid untuk pengisian baterai kendaraan listrik pada tahap penerapan station pengisian [8]. Pemanfaatan jaringan listrik untuk mendukung station pengisian baterai kendaraan listrik dengan berbagai topologi jaringan [9].

Metode dan rangkaian pengisian baterai sepeda listrik memanfaatkan wireless. Terdapat tiga model sistem PLTS pengisian baterai untuk kendaraan bermotor. Ketiga model sistem PLTS pengisian baterai kendaraan listrik dibedakan 3 model sistem, i) Pengisian langsung tanpa baterai penyimpanan, ii) pengisian berbaterai penyimpanan, dan iii) pengisian melalui inverter berbaterai penyimpanan. Ketiga model sistem PLTS pengisian baterai kendaraan bermotor atau sistem pengisian baterai eksternal memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Penelitian terdahulu [10] yang erat kaitannya dengan penulis, telah melakukan penelitian-penelitian yang berkaitan dengan jaringan *off-grid* maupun *microgrid* yang disuplai dari pembangkit energi terbarukan seperti PLTS [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Peneliti ingin mengembangkan penelitian sebelumnya dengan meneliti dan melakukan desain dan analisis pengisian baterai sepeda listrik mandiri pada PLTS off-Grid di Universitas Mataram.

2. Metode Penelitian

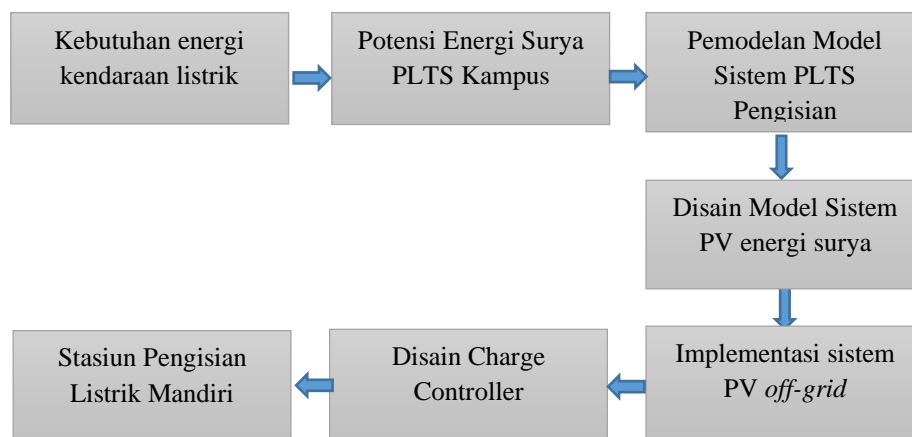
2.1 PLTS 1200 WP Off-Grid Fakultas Teknik

PLTS *off-grid* berkapasitas 1200 Wp pada Fakultas Teknik merupakan sistem pembangkit listrik mandiri berbasis energi surya yang digunakan untuk mendukung pengisian baterai kendaraan listrik. Sistem ini terdiri dari modul surya, *Solar Charger Controller* (SCC), baterai, dan inverter yang bekerja secara terintegrasi dalam proses konversi, pengaturan, penyimpanan, serta distribusi energi listrik.

Modul surya yang digunakan adalah tipe *monocrystalline* sebanyak empat panel berkapasitas 300 Wp, yang dipilih karena memiliki efisiensi tinggi. Pengaturan pengisian energi dilakukan menggunakan SCC tipe MPPT untuk mengoptimalkan daya keluaran panel surya. Energi yang dihasilkan kemudian disimpan pada baterai VRLA Gel berkapasitas 2×100 Ah dan dikonversi oleh inverter 1500 VA dari arus DC menjadi arus AC 220–230 V. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan penerapan teknologi energi terbarukan yang efisien dan mendukung pemanfaatan kendaraan listrik sebagai alternatif transportasi ramah lingkungan.

2.2 Design

Ada dua tahapan dalam penelitian, yakni 1) Pemodelan ketiga model pada PLTS pengisian kendaraan Fakultas Teknik yang telah ada. Hal ini dilakukan dengan kombinasi komponen yang telah terpasang. Tahapan 2) mengimplementasikan model prototipe efektif pada sistem PLTS 1.200 Wp. Mode dari sistem PV yang diimplementasikan adalah *off-grid PV system*. Tahap 3) Implementasi sistem control PLTS pengisian baterai kendaraan listrik, khusus kendaraan sepeda listrik. **Gambar 1** adalah blok diagram rancangan penelitian yang menggambarkan langkah-langkah penelitian agar lebih fokus dan terarah.



Gambar 1. Blok Diagram Rancangan Penelitian

2.2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian “Disain dan analisis pengisian baterai sepeda Listrik mandiri pada PLTS *off-grid* kampus” adalah melakukan persiapan, pemilihan dan pembelian komponen/peralatan PLTS, mengidentifikasi dan memastikan peralatan sistem PV di laboratorium. Sistem PLTS *off-grid* 1200 Wp, yaitu solar panel photovoltage jenis monocrystal 4 x 300 Wp, Solar Charger Controller (SCC) 30 A jenis MPPT, baterai jenis VRLA 2 x 100 Ah 12 Volt dan inverter *off-grid* 1500 VA. Selanjutnya dilakukan persiapan, pemilihan dan pembelian komponen/peralatan control pengisian baterai sepeda Listrik, yaitu:

- Boost converter DC to DC digunakan untuk menaikkan tegangan keluaran SCC (solar charger controller) dari 12/24 Volt DC menjadi tegangan pengisian baterai sepeda listrik 12/36/48 Volt DC
- Modul kendali pengisian baterai. Modul ini digunakan untuk mengontrol tegangan awal pengisian dan tegangan maksimum pengisian baterai sepeda. Hal ini dilakukan untuk mengatur tegangan pengisian baterai dan membatasi tegangan maksimum pengisian, sehingga tidak terjadi overvoltage pada baterai sepeda.
- Sensor arus dan tegangan. Sensor arus DC digunakan untuk inputan arduino mengukur arus pengisian baterai sepeda. Sensor tegangan DC berguna untuk inputan arduino mengukur tegangan

pengisian baterai sepeda. Kedua sensor ini selain untuk mengukur arus dan tegangan, juga bertujuan memunculkan karakteristik I – V selama waktu pengisian baterai sepeda.

- d. Arduino Uno sebagai sebuah mikrokontroler open-source berbasis microcontroller Atmel AVR. Arduino Uno berguna untuk merancang dan mengembangkan berbagai proyek elektronik secara mudah. Platform ini menyediakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak, digunakan memprogram berbagai fungsi dan interaksi peralatan elektronik.
- e. Modul I2C LCD adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Modul Serial Interface I2C ini digunakan untuk mempermudah koneksi LCD ke arduino yang digunakan. Penggunaan modul ini akan menghemat banyak pin, sehingga hanya 2 pin saja yang digunakan untuk mengendalikan LCD 1602.
- f. Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama.

Setelah melakukan persiapan, pemilihan dan pembelian komponen/peralatan control pengisian baterai sepeda Listrik, dilakukan pengujian dan pengukuran data hasil keluaran modul PV berdasarkan besaran intensitas W/m^2 . Pengujian implementasi sistem PV off-grid sistem PLTS pengisian baterai Pengukuran dan pendataan data meliputi nilai; intensitas sinar matahari (W/m^2) tegangan (Volt), arus (A), daya (Watt) dan energi (Wh) serta rugi daya (Watt) pada sistem PLTS pengisian baterai sepeda listrik.

Langkah selanjutnya setelah pengujian dan pengukuran adalah melakukan analisis terhadap pengujian model PLTS pengisian baterai yang efektif (efisien, andal dan fleksibel). dan langkah terakhir menarik kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dan analisis penelitian.

2.3 Rancangan Sistem Pengisian Baterai Sepeda Listrik

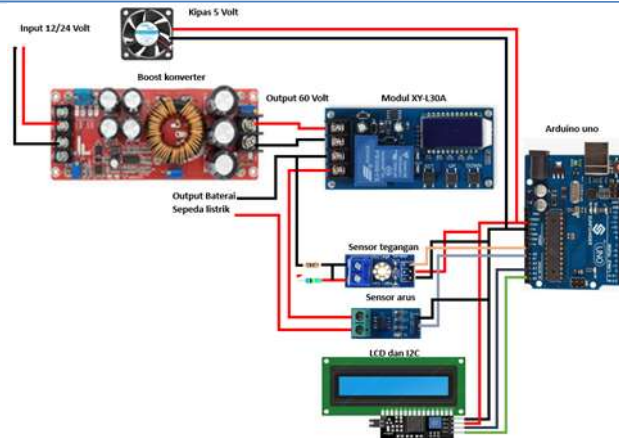
Sistem PLTS off-grid pengisian baterai sepeda listrik terdiri dari beberapa komponen pendukung, yaitu: Panel surya, Solar Charger Controller (SCC), Baterai dan Inverter serta sistem control pengisian baterai. Sistem dan komponen PLTS station pengisian baterai listrik dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Sistem PLTS pengisian baterai sepeda listrik

2.3.1 Kendali Pengisian Baterai Sepeda Listrik

Sistem pengisian baterai sepeda listrik terdiri dari beberapa komponen pendukung, yaitu; boost converter, panel surya, modul control pengisian baterai (*battery charger control module*), arduino uno, sensor tegangan dan arus, kipas pendingin dan modul I2C LCD. Diagram sistem dan komponen kendali pengisian baterai listrik sepeda dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Sistem kendali pengisian baterai sepeda listrik

Komponen sistem kendali pengisian baterai sepeda listrik terdiri dari beberapa komponen pendukung, yaitu; boost converter, modul control pengisian baterai (*battery charger control module*), arduino uno, sensor tegangan dan arus, kipas pendingin dan modul I2C LCD.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Pengisian Baterai Sepeda Listrik

Pengujian untuk pengisian baterai sepeda listrik pada sepeda listrik berspesifikasi seperti **Tabel 1**. **Gambar 4** merupakan foto pengujian pengisian baterai sepeda listrik bertegangan 48 Volt 12 Ah.

Tabel 1. Spesifikasi sepeda listrik

Daya motor penggerak	500 Watt
Kecepatan maksimum	25 km/jam
Jarak tempuh	+/- 40 km
Baterai	48 Volt 12 Ah.
Beban pengendara	120 kg



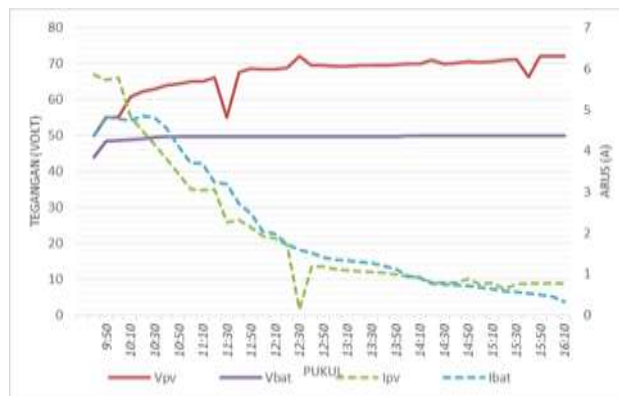
Gambar 4. Pengujian pengisian baterai sepeda listrik pada PLTS off-grid

Data Hasil Pengujian Pengisian Baterai Sepeda Listrik Dimulai Pkl 09:40 – 16.10 Wita Disajikan Pada **Tabel 2**. Tegangan Awal Pada Saat Pengisian Baterai 44,04 Volt Dan Arus Awal Pengisian Baterai 5,86 A. Lama Pengisian Baterai 6,5 Jam Sampai Mencapai Tegangan Baterai 49,98 Volt Dan Energi Total Diperlukan 681,02 Wh (Watt-Hour).

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Pengisian Baterai Sepeda Listrik Dimulai Pkl 09:40 – 16.10 Wita

No.	Pukul	Iradiasi (W/m ²)	Vpv (V)	Ipv (A)	Vbat (V)	Ibat (A)	Daya (W)	Energi (Wh)	Energi tot (Wh)
1	9:40	801,30	50,00	5,86	44,04	4,36	192,01	32,00	32,00
2	9:50	827,80	55,00	5,73	48,44	4,83	233,97	38,99	71,00
3	10:00	856,10	55,00	5,79	48,61	4,77	231,87	38,65	109,64
4	10:10	899,60	60,89	4,83	48,85	4,75	232,04	38,67	148,31
5	10:20	939,00	62,26	4,49	49,13	4,85	238,28	39,71	188,03
6	10:30	940,90	62,97	4,16	49,46	4,81	237,90	39,65	227,68
7	10:40	975,50	63,98	3,81	49,64	4,55	225,86	37,64	265,32
8	10:50	1021,00	64,49	3,43	49,63	4,11	203,98	34,00	299,32
9	11:00	1046,00	65,10	3,06	49,63	3,70	183,63	30,61	329,92
10	11:10	316,00	65,13	3,05	49,68	3,70	183,82	30,64	360,56
11	11:20	1090,00	66,04	3,07	49,68	3,23	160,47	26,74	387,30
12	11:30	267,90	55,00	2,27	49,69	3,20	159,01	26,50	413,81
13	11:40	178,00	67,61	2,32	49,73	2,71	134,77	22,46	436,27
14	11:50	1042,00	68,75	2,13	49,73	2,47	122,83	20,47	456,74
15	12:00	1036,00	68,37	1,93	49,74	2,04	101,47	16,91	473,65
16	12:10	1036,00	68,39	1,87	49,75	1,99	99,00	16,50	490,15
17	12:20	1040,00	68,77	1,70	49,76	1,73	86,09	14,35	504,50
18	12:30	1032,00	72,02	0,14	49,74	1,59	79,09	13,18	517,68
19	12:40	1030,00	69,46	1,19	49,75	1,52	75,62	12,60	530,28
20	12:50	1006,00	69,47	1,18	49,77	1,41	70,18	11,70	541,98
21	13:00	996,50	69,38	1,12	49,79	1,35	67,22	11,20	553,18
22	13:10	936,50	69,38	1,10	49,81	1,33	66,25	11,04	564,22
23	13:20	902,00	69,41	1,08	49,76	1,30	64,69	10,78	575,00
24	13:30	886,70	69,50	1,05	49,80	1,27	63,25	10,54	585,55
25	13:40	902,00	69,60	1,03	49,82	1,20	59,78	9,96	595,51
26	13:50	886,70	69,73	0,99	49,81	1,12	55,79	9,30	604,81
27	14:00	856,70	69,88	0,95	49,84	0,97	48,35	8,06	612,87
28	14:10	796,10	70,00	0,92	49,84	0,90	44,86	7,48	620,34
29	14:20	794,30	71,00	0,80	49,84	0,78	38,88	6,48	626,82
30	14:30	774,20	70,00	0,80	49,86	0,76	37,89	6,32	633,14
31	14:40	738,10	70,16	0,79	49,86	0,74	36,90	6,15	639,29
32	14:50	709,00	70,58	0,89	49,85	0,72	35,89	5,98	645,27
33	15:00	263,10	70,37	0,76	49,86	0,68	33,91	5,65	650,92
34	15:10	639,80	70,59	0,80	49,88	0,64	31,92	5,32	656,24
35	15:20	440,50	71,02	0,64	49,87	0,59	29,42	4,90	661,14
36	15:30	596,10	71,13	0,75	49,87	0,57	28,43	4,74	665,88
37	15:40	581,20	66,37	0,77	49,87	0,54	26,93	4,49	670,37
38	15:50	596,10	72,02	0,78	49,89	0,50	24,95	4,16	674,53
39	16:00	470,40	72,02	0,78	49,94	0,46	22,97	3,83	678,35
41	16:10	159,50	72,02	0,78	49,98	0,32	15,99	2,67	681,02

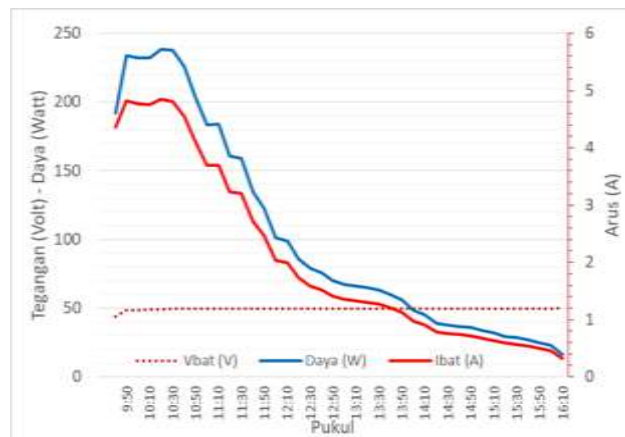
Grafik tegangan dan arus keluaran PV serta tanggapan dan arus pengisian baterai dapat dilihat pada **Gambar 5**. Terlihat bahwa tegangan PV dan baterai pada pengisian baterai semakin tinggi sedangkan arus keluaran PV dan arus pengisian baterai semakin kecil. Tegangan mencapai maksimum ini menandakan tegangan baterai mencapai tegangan maksimal pengisiannya. Arus pengisian baterai menuju 0 (nol) A menandakan baterai sudah penuh dan tidak ada lagi arus pengisian.



Gambar 5. Grafik Tegangan – Arus pada PV dan Baterai selama Pengisian Baterai Sepeda Listrik.

Grafik perubahan tegangan, arus dan daya pengisian baterai dapat dilihat pada **Gambar 6**. Seperti pada **Gambar 6** sepanjang pengisian baterai, tegangan baterai menuju tegangan pengisian maksimum dan

arus pengisian menuju 0 A. Daya pengisian sepanjang waktu pengisian baterai semakin kecil, hal ini disebabkan semakin kecil daya diperlukan untuk pengisian baterai yang menuju penuh.



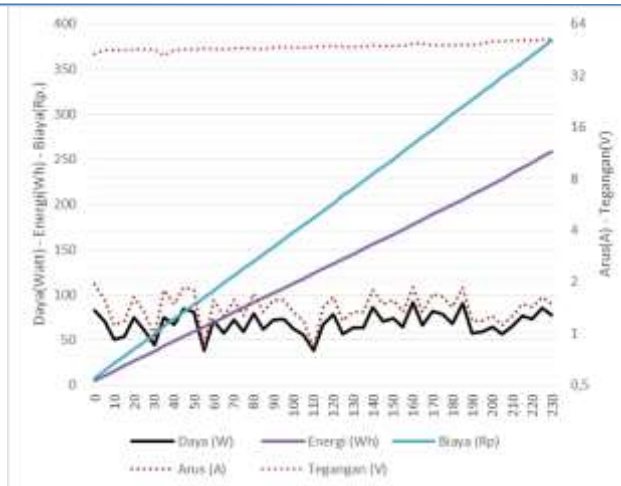
Gambar 6. Grafik Tegangan – Arus – Daya selama Pengisian Baterai Sepeda Listrik

Pengujian pengisian baterai sepeda listrik dengan arus pengisian konstan, pada arus pengisian 1,5 A. **Tabel 3** merupakan data hasil pengujian pengisian baterai dengan arus pengisian konstan. Tabel 3 menunjukkan selama pengisian baterai (230 menit) rerata; arus pengisian 1,44 A, daya pengisian 68,13 Watt, energi per-5 menit pengisian 5,49 Wh dan harga per-5 menit Rp 8,13. Selama pengisian baterai, energi pengisian baterai 258,23 Wh dan biaya pengisian Rp. 382,0 (tarif Rp 1.477/kWh).

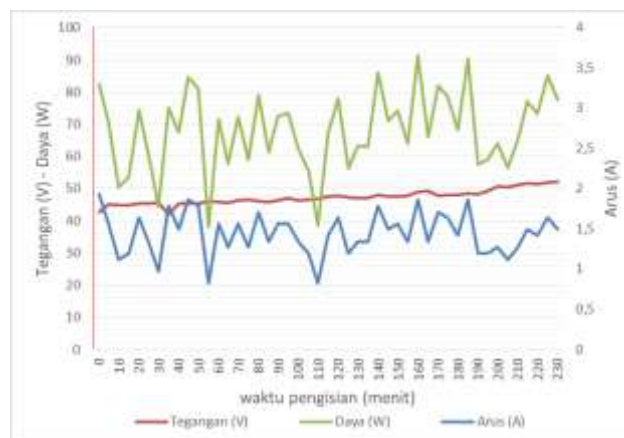
Gambar 7 merupakan grafik perubahan tegangan (V), arus (A), daya (Watt) dan energi (Wh) selama waktu (menit) pengisian baterai sepeda listrik 48 Volt 12 Ah. **Gambar 7** memperlihatkan arus pengisian relative konstan, namun tegangan baterai tetap naik menuju tegangan maksimum (52 Volt) pengisian baterai. Gambar 8 memperjelas grafik perubahan arus, tegangan dan daya selama pengisian baterai. Grafik arus dan daya memiliki keselarasan, hal ini karena perubahan tegangan yang kecil.

Tabel 3. Data pengisian baterai (48 Volt) sepeda listrik pada arus pengisian relative konstan 1,5 A (100 menit pertama)

Menit ke	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Energi (Wh)	Biaya (Rp)
0	1,93	42,68	82,58	5,14	8
5	1,56	45,17	70,66	10,55	16
10	1,12	44,96	50,36	15,92	24
15	1,19	44,93	53,65	21,26	32
20	1,64	45,48	74,52	26,51	40
25	1,34	45,35	60,87	32,31	48
30	0,97	45,68	44,4	37,65	56
35	1,79	42,03	75,09	43,22	65
40	1,49	45,27	67,47	48,44	73
45	1,86	45,45	84,57	53,92	81
50	1,79	45,33	80,99	59,19	89
55	0,82	46,11	37,99	64,62	97
60	1,56	45,79	71,64	69,87	105
65	1,27	45,61	57,84	75,19	113
70	1,56	46,24	72,34	80,6	121
75	1,27	46,5	58,97	85,91	129
80	1,71	46,21	79,13	91,41	137
85	1,34	45,79	61,46	96,47	145
90	1,56	46,38	72,56	101,97	153
95	1,56	46,97	73,48	107,16	161
100	1,34	46,45	62,35	112,86	169



Gambar 7. Grafik Arus, Tegangan, Daya dan Energi selama 230 Menit Pengisian Baterai



Gambar 8. Grafik Arus, Tegangan, dan Daya selama 230 Menit Pengisian Baterai

3.2 Analisis Pengisian Baterai

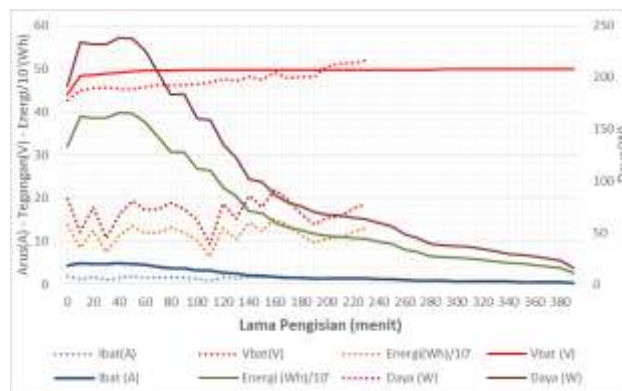
Berdasarkan **Tabel 2** dan **Tabel 3**, membandingkan pengisian baterai sepeda listrik pada arus pengisian tidak konstan dan arus pengisian konstan, hal ini terdata pada **Tabel 4** dan **Gambar 9** memperlihatkan grafik arus, tegangan, daya dan energi pengisian baterai sepeda pada jenis pengisian arus tidak tetap (grafik garis) dan jenis pengisian arus konstan (grafik putus-putus).

Pada pengisian arus tidak tetap, arus pengisian awal tinggi (4,36 A) dan tegangan baterai bertambah secara cepat (44,04 ke 48,44 Vol) dalam waktu 10 menit. Pengisian arus tidak tetap ini menyerap daya pengisian awal besar 192,01 Watt. Selama pengisian baterai pada pengisian arus tidak tetap, arus pengisian semakin kecil, penambahan kenaikan tegangan baterai semakin sedikit dan penyerapan daya pengisian semakin kecil.

Pada pengisian baterai arus pengisian tetap (1,5 A), arus pengisian awal lebih 1,93 A dan tegangan bertambah secara lambat (42,68 ke 44,96 Volt) dalam waktu 10 menit. Pengisian arus tetap ini menyerap daya pengisian awal besar 82,58 Watt. Selama pengisian baterai pada pengisian arus tetap, arus pengisian relative tetap (rerata 1,48 A). Penambahan kenaikan tegangan baterai relative tetap (rerata 0,41 Volt) dan penyerapan daya pengisian juga relative tetap (69,91 Watt) selang 10 menit selama pengisian baterai.

Tabel 4. Perbandingan Data pengisian baterai sepeda listrik pada arus pengisian tetap dan arus pengisian tidak tetap

Menit ke	I pengisian Tetap			I pengisian Tidak Tetap		
	Ibat(A)	Vbat(V)	Daya (W)	Ibat (A)	Vbat (V)	Daya (W)
0	1,93	42,68	82,58	4,36	44,04	192,01
10	1,12	44,96	50,36	4,83	48,44	233,97
20	1,64	45,48	74,52	4,77	48,61	231,87
30	0,97	45,68	44,40	4,75	48,85	232,04
40	1,49	45,27	67,47	4,85	49,13	238,28
50	1,79	45,33	80,99	4,81	49,46	237,90
60	1,56	45,79	71,64	4,55	49,64	225,86
70	1,56	46,24	72,34	4,11	49,63	203,98
80	1,71	46,21	79,13	3,70	49,63	183,63
90	1,56	46,38	72,56	3,70	49,68	183,82
100	1,34	46,45	62,35	3,23	49,68	160,47
110	0,82	46,87	38,62	3,20	49,69	159,01
120	1,64	47,73	78,20	2,71	49,73	134,77
130	1,34	47,11	63,24	2,47	49,73	122,83
140	1,79	48,14	86,01	2,04	49,74	101,47
150	1,56	47,49	74,30	1,99	49,75	99,00
160	1,86	49,11	91,37	1,73	49,76	86,09
170	1,71	47,85	81,95	1,59	49,74	79,09
180	1,42	48,10	68,13	1,52	49,75	75,62



Gambar 9. Grafik Arus, Tegangan, Daya dan Energi Pengisian Baterai pada arus pengisian tetap (grafik titik-titik) dan arus pengisian tidak tetap (grafik garis)

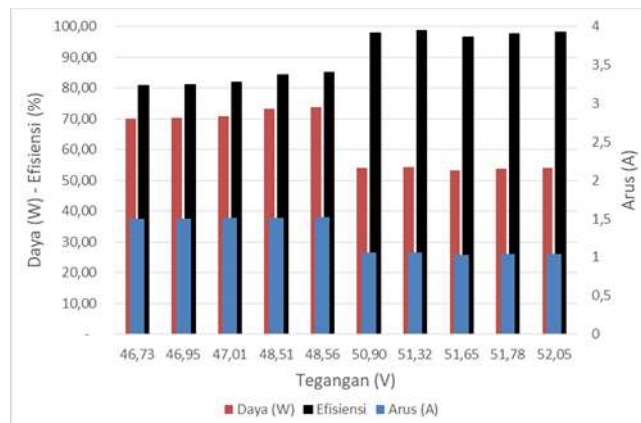
3.3 Analisis Efisiensi Charger

Analisis efisiensi kotak/box pengisian baterai dilakukan berdasarkan hasil pengujian daya pengisian baterai sebelum (input) dan setelah box pengisian (output), Tabel 5 Pengujian dilakukan pada tegangan input berbeda; 24,7 Volt berasal dari tegangan DC SCC dan tegangan 11,60 Volt bersumber dari penyearah 12 Volt DC. Grafik pengukuran efisiensi pengisian baterai tergambar pada **Gambar 10**.

Tabel 5. Data pengujian efisiensi box pengisian baterai sepeda listrik

Input			Output			Efisiensi (%)
Teg. (V)	Arus (A)	Daya (W)	Teg. (V)	Arus (A)	Daya (W)	
24,7	3,51	86,70	46,73	1,50	70,10	80,85
24,7	3,51	86,70	46,95	1,50	70,43	81,23
24,7	3,51	86,70	47,01	1,51	70,99	81,88
24,7	3,51	86,70	48,51	1,51	73,25	84,49
24,7	3,51	86,70	48,56	1,52	73,81	85,14
11,60	4,75	55,10	50,90	1,06	53,95	97,92
11,60	4,75	55,10	51,32	1,06	54,40	98,73
11,60	4,75	55,10	51,65	1,03	53,20	96,55
11,60	4,75	55,10	51,78	1,04	53,85	97,73
11,60	4,75	55,10	52,05	1,04	54,13	98,24

Efisiensi tertinggi diperoleh pada tegangan baterai mendekati tegangan maksimum dan arus pengisian kecil serta daya diserap baterai rendah. Dari 10 percobaan diperoleh rerata efisiensi 90,28 %, atau efisiensi 80% – 98%.



Gambar 10. Grafik Arus, Daya dan Efisiensi Box Pengisian Baterai pada Tegangan Baterai Berbeda

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, pengujian dan analisis pengisian baterai sepeda listrik mandiri pada PLTS Off-grid Kampus, dapat disimpulkan bahwa Disain pengisian baterai sepeda listrik pada PLTS mandiri berupa pengisian dengan tambahan box pengisian terdiri dari komponen; booster converter DC-DC 60 Volt, modul pengatur tegangan pengisian, Arduino, Sensor arus dan tegangan, dan LCD display. Model pengisian baterai sepeda listrik pada PLTS terdiri dari 2, yaitu; melalui keluaran inverter jika terdapat charger bawaan sepeda listrik, dan melalui box pengisian baterai. Box charger pengisian baterai yang dirancang dapat melakukan pengisian baterai 12, 24, 36 dan 48 Volt dengan arus maksimum 20 A serta efisiensi pengisian 80% – 98%. Jenis pengisian melalui box charger dapat dilakukan menggunakan 2 cara; arus tetap (menjaga umur baterai lebih lama) dan arus tidak tetap (pengisian lebih cepat).

5. Referensi

- [1] Supriyatna, Abdul Natsir, Ni Made Seniari, Ida Ayu Sri Adnyani, Sabar Nababan. 2024, *Pemetaan Potensi Energi Surya Berbasis Global Solar Atlas di Fakultas Teknik Universitas Mataram*, Jurnal JEITECH – Journal of Electrical Engineering and Information technology Department of Electrical Engineering University of Mataram Vol. 2, No. 1, March 2024, pp. 7-14; E-ISSN: 2987-7830.
- [2] Kompas. "Populasi Kendaraan Listrik di Indonesia Saat Ini Capai 144.547 Unit". Available online: <https://otomotif.kompas.com/read/2024/05/30/184100515/populasi-kendaraan-listrik-di-indonesia-saat-ini-capai-144.547-unit> (diakses 06 November 2024).
- [3] Vinit Kumar, Villuri Ravi Teja, Mukesh Singh, S. Mishra. 2019, *PV Based Off-Grid Charging Station for Electric Vehicle*. IFAC PapersOnLine 52-4 (2019) 276–281.

- [4] Aanya Singh, Shubham Sanjay Shaha, Nikhil P G, Yendaluru Raja Sekhar, Shaik Saboor and Aritra Ghosh. 2021, *Design and Analysis of a Solar-Powered Electric Vehicle Charging Station for Indian Cities*, <https://doi.org/10.3390/wevj12030132>
- [5] Slamet Suropto, Gilang Ari Widodo Utomo, Kinnu Purwanto, Krisma Trinanda Putra, Muhamad Yusvin Mustar, Mosiur Rahaman, 2022; *Design and Analysis of Solar-powered E-bike Charging Stations to Support the Development of Green Campus*. Journal of Electrical technology UMY, Vol 6, No. 2 Desember 2022.
- [6] Shubham Mishra, Gaurav Dwivedi, Subho Upadhyay, Anurag Chauhan; 2022; *Modelling of standalone solar photovoltaic based electric bike charging*, International Conference on Advancement in Materials, Manufacturing and Energy Engineering (ICAMME-2021).
- [7] Mohamed Ahmed Mohamed, Fatma Ahmed Mohamed, 2020; *Design and Simulate an Off-Grid PV System with a Battery Bank for EV Charging*, Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering 7(5): 273-288, 2020. DOI: 10.13189/ujeee.2020.070502.
- [8] S. Thangalakshmi, K. Sivasami and Saad Khan, 2023; *Design And Implementation of Solar Charging Station for Electric Vehicles*, IIRE Journal Of Maritime Research And Development (IJMRD) Volume 7 Issue 2.
- [9] Ali. A. Shalbaf, 2024. *Topological Comparison of Multi-Port Converters for Grid-Connected Solar Energy and Electric Vehicle charging Systems*. The 4rd Conference on Applied Research in Electrical Engineering,
- [10] Abdul Natsir, Supriyatna, Ni Made Seniari, Ida Ayu Sri Adnyani, Sabar Nababan, (2020), *“Performance Improvement of Grid Tie Inverter on Microgrid of Solar Photovoltaic”*, Proceedings International Conference on Science and Technology (ICST) e-ISSN: 2722-7375 pp: 79-87, Vol. 1.
- [11] Isdawimah, Sudibyoy, U.B., Setiawan, E.A., (2010), *“Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Pada Model Jaringan Listrik Mikro Arus Searah”*, Jurnal Politeknologi, Vol. 9, No. 2.
- [12] Shamma Shananda Saha, Samantha Janko, Nathan G. Johnson, Robin Podmore, Alain Riaud, Ray Larsen, 2016, *“A Universal Charge Controller for Integrating Distributed Energy Resources”*, Global Humanitarian Technology Conference, 978-1-5090-2432-2/16/\$31.00, IEEE.
- [13] Olajuyin E. A. 1, Olubakinde Eniola, 2019; *Microgrid In Power Distribution System*, International Journal of Research - Granthaalayah, 7(8), 387-393. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3401354>.
- [14] V. Saravanan, K. M. Venkatachalam, M. Arumugam, M. A. K. Borelessa, K. T. M. U. Hemapala, 2021; *Overview of microgrid systems*, International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS) p 378 Vol. 10, No. 4, December 2021, pp. 378~391 ISSN: 2252-8814,
- [15] Peraturan Menteri Perhubungan No. No. 45 Tahun 2020 tentang “kendaraan tertentu dengan menggunakan penggerak motor listrik.
- [16] Joseph Teguh Santoso, 2022. *Sepeda Listrik: Perencanaan, Perakitan dan Perbaikan*, Yayasan Prima Agus Teknik, Semarang.