

Terbit online pada laman: <https://ejournal.umri.ac.id/index.php/JST>

## Jurnal Surya Teknika

| ISSN (Print) 2354-6751 | ISSN (Online) 2723-7222 |



Research Article

# Studi Perbandingan Kinerja Bohlam LED DC dan Bohlam LED AC untuk Pencahayaan Sistem PV Off-grid

Reza Satria Rinaldi\*, Ika Novia Anggraini, Afriyastuti Herawati, Wahyu Apriali Ladio

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu Jalan W. R. Supratman, Kelurahan Kandang Limun, Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Diserahkan : 13 April 2026  
 Diterima : 24 Mei 2026  
 Diterbitkan : 04 Juni 2026

### KATA KUNCI

Bohlam LED AC, Bohlam LED DC, Pencahayaan, Sistem PV off-grid, Studi perbandingan.

### KORESPONDENSI

\*E-mail: [reza\\_s\\_r@unib.ac.id](mailto:reza_s_r@unib.ac.id)

### A B S T R A K

Penggunaan distribusi DC dinilai lebih efisien daripada AC dalam sistem PV off-grid karena mengurangi rugi-rugi konversi energi, terutama pada beban seperti lampu LED. Diperlukan sebuah kajian komparatif penggunaan lampu LED DC dan AC untuk meningkatkan efisiensi sistem PV off-grid. Penelitian ini membandingkan kinerja bohlam LED DC dan AC untuk pencahayaan sistem PV off-grid 12 V. Pengujian pada sistem PV off-grid 12 V dilakukan dengan pengambilan data berupa daya DC dari baterai VRLA 12 V dan intensitas cahaya (lux) yang dihasilkan oleh sampel bohlam LED DC dan AC dengan daya nominal 10 W, 20 W, dan 30 W dengan spesifikasi teknis yang seragam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bohlam LED DC lebih efisien daripada bohlam LED AC baik dalam penggunaan daya dari sistem PV off-grid maupun dalam menghasilkan cahaya. Dengan demikian, pencahayaan pada sistem PV off-grid 12 V lebih efisien menggunakan bohlam LED DC.

### A B S T R A C T

The use of DC distribution is considered more efficient than AC in off-grid PV systems because it reduces energy conversion losses, especially in loads such as LED lights. A comparative study of DC and AC LED lighting is needed to improve the efficiency of off-grid PV systems. This study compares the performance of DC and AC LED bulbs for lighting a 12 V off-grid PV system. Testing on a 12 V off-grid PV system was carried out by collecting data in the form of DC power from a 12 V VRLA battery and light intensity (lux) produced by samples of DC and AC LED bulbs with nominal power of 10 W, 20 W, and 30 W, with uniform technical specifications. The results of the study indicate that DC LED bulbs are more efficient than AC LED bulbs both in power consumption from off-grid PV systems and in producing light. Thus, lighting in a 12 V off-grid PV system is more efficient using DC LED bulbs.

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya melalui sistem photovoltaic (PV), semakin berkembang sebagai solusi terhadap meningkatnya kebutuhan energi listrik dan isu lingkungan global. Sistem PV memiliki keunggulan karena menghasilkan energi listrik secara langsung dalam bentuk arus searah (Direct Current/DC), sehingga sangat potensial untuk diterapkan pada sistem kelistrikan modern, terutama pada wilayah yang belum terjangkau

jaringan listrik konvensional [1]. Selain itu, sistem PV berbasis off-grid menjadi solusi penting dalam penyediaan energi listrik mandiri di daerah terpencil dan pesisir. Modularitas sistem dan biaya yang relatif rendah meningkatkan skalabilitas dan adaptabilitasnya [2].

Dalam implementasinya, sistem kelistrikan konvensional umumnya menggunakan arus bolak-balik (Alternating Current/AC), sehingga diperlukan inverter untuk mengubah energi listrik DC dari PV menjadi AC sebelum digunakan oleh beban. Proses

konversi ini menimbulkan rugi-rugi energi yang tidak dapat diabaikan. Pada sistem AC konvensional, energi dari PV mengalami dua tahap konversi untuk menyalakan lampu LED, yaitu DC ke AC melalui inverter, kemudian AC ke DC kembali di dalam driver lampu LED, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan [1]. Oleh karena itu, pendekatan penggunaan sistem distribusi DC mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif untuk meningkatkan efisiensi energi.

Sistem distribusi DC lebih efisien 2% hingga 3% dibandingkan dengan sistem distribusi AC pada siang hari [3]. Sistem distribusi DC, khususnya pada skala mikrogrid dan nanogrid, menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem AC karena mampu mengurangi jumlah konversi energi listrik. Penelitian menunjukkan bahwa efisiensi sistem DC dapat mencapai lebih dari 98,48 % pada kondisi tertentu, tergantung pada konfigurasi sistem dan jenis beban yang digunakan [4]. Selain itu, penggunaan sistem DC sangat sesuai dengan karakteristik beban modern seperti perangkat elektronik dan lampu LED yang secara internal bekerja dengan arus DC [5].

Lampu LED menghasilkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lainnya untuk pencahayaan ruangan. Dengan demikian, lampu LED memiliki efisiensi tinggi dan konsumsi daya yang rendah [6], [7], [8]. Oleh karena itulah, lampu LED merupakan salah satu jenis beban yang dominan dalam sistem pencahayaan modern. Namun, sebagian besar lampu LED yang beredar di pasaran dirancang untuk bekerja pada tegangan AC (110–230 V), sehingga memerlukan rangkaian driver internal untuk mengubah tegangan AC menjadi DC [9], [10]. Hal ini menjadi kendala ketika lampu tersebut diaplikasikan langsung pada sistem PV off-grid dengan tegangan rendah, seperti 12 V DC, karena tidak semua lampu LED AC dapat beroperasi optimal pada tegangan DC rendah tanpa modifikasi.

Dalam sebuah penelitian yang mengevaluasi kinerja energi sistem pencahayaan DC dengan sistem pencahayaan AC, lampu LED AC dimodifikasi untuk dapat digunakan langsung pada sistem pencahayaan berbasis DC. Lampu LED yang digunakan terdiri atas tiga tipe, yaitu panel, linier, dan downlights. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem pencahayaan DC lebih efisien 20,4 % dalam pemakaian listrik jaringan (AC) daripada sistem pencahayaan AC. Namun sebaliknya, sistem pencahayaan DC lebih besar 3,4 % dalam

pemakaian listrik dari baterai (DC) daripada sistem pencahayaan AC [1].

Saat ini, secara komersial sudah tersedia bohlam LED DC untuk sistem tegangan rendah 12 V. Penggunaan bohlam LED DC dalam sistem PV off-grid memungkinkan pemanfaatan energi yang lebih langsung dari baterai atau PV tanpa melalui inverter, sehingga berpotensi mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan keandalan sistem. Perbandingan kinerja antara penggunaan bohlam LED DC dan bohlam LED AC dalam sistem PV off-grid masih memerlukan kajian lebih lanjut, khususnya dari aspek efisiensi energi, kualitas pencahayaan, serta kompatibilitas sistem.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi komparatif antara penggunaan bohlam LED DC dan bohlam LED AC untuk pencahayaan berbasis PV off-grid 12 V. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis bohlam LED tersebut dalam konteks efisiensi energi dan performa sistem, sehingga dapat menjadi dasar dalam perancangan pencahayaan pada sistem PV off-grid yang lebih optimal dan berkelanjutan.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk memecahkan masalah-masalah kehidupan praktis, dalam hal ini adalah upaya pemanfaatan sumber energi surya berupa sistem PV off-grid untuk kebutuhan pencahayaan. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode eksperimen kuantitatif, yaitu dengan melakukan pengujian langsung untuk membandingkan kinerja antara bohlam LED DC dan bohlam LED AC dalam pemanfaatan sistem PV-off-grid untuk pencahayaan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.



Gambar 1. Bohlam LED DC sampel pengujian



Gambar 2. Bohlam LED AC sampel pengujian

Tabel 1.

Spesifikasi bohlam LED DC dan AC sampel pengujian

Sampel Bohlam LED	Daya (Watt)	Voltase (Volt)	Fluks Cahaya (lm)
Bohlam LED DC	10	DC 12	600
	20	DC 12	1200
	30	DC 12	1800
Bohlam LED AC	10	AC 85-265	1050
	20	AC 85-265	1350
	30	AC 85-265	2400

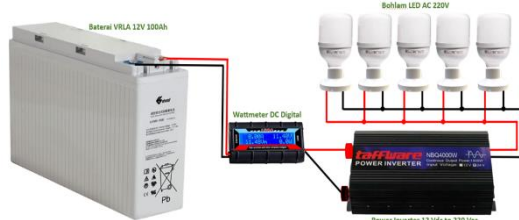
Data perbandingan kinerja antara bohlam LED DC dan bohlam LED AC dalam penelitian ini berupa penggunaan daya pada baterai sistem PV off-grid 12 V dan cahaya yang dihasilkan. Sampel yang digunakan berupa 3 jenis bohlam LED DC dan 3 jenis bohlam LED AC berdasarkan daya nominal bohlam LED. Sampel bohlam LED DC maupun bohlam LED AC yang digunakan mempunyai merek dan spesifikasi daya nominal yang sama, yaitu 10 W, 20 W, dan 30 W seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2. Spesifikasi sampel bohlam LED yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Semua sampel bohlam LED tersebut, baik DC maupun AC, mempunyai fitting tipe E27 yang umum digunakan oleh masyarakat di Indonesia, dengan spesifikasi suhu warna cahaya LED, CRI (Color Rendering Index), dan faktor daya yang sama, yaitu masing-masing 6.500 K, >80, dan >0,7.

Pengujian pemanfaatan energi surya melalui sistem PV off-grid untuk pencahayaan dengan bohlam LED DC dilakukan menggunakan rangkaian pengujian seperti pada Gambar 3. Sedangkan pengujian pemanfaatan energi surya untuk pencahayaan dengan bohlam LED AC dilakukan menggunakan rangkaian pengujian seperti pada Gambar 4. Dalam setiap pengujian tersebut diambil data berupa daya DC terukur dari baterai VRLA yang dibutuhkan untuk menyalakan bohlam LED dan

efisiensi cahaya melalui pengukuran intensitas cahaya (lux) yang dihasilkan bohlam LED. Pengujian dilakukan pada 1-5 buah bohlam LED DC maupun bohlam LED AC. Peralatan yang digunakan dalam pengujian tersebut terdiri atas 1 buah baterai VRLA 12 V 100 Ah, 1 buah inverter 12 VDC to 220 VAC, 1 buah wattmeter DC digital, dan 1 buah luxmeter.



Gambar 3. Rangkaian pengujian Bohlam LED DC



Gambar 4. Rangkaian pengujian Bohlam LED AC

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Penggunaan Daya Baterai Terukur

Pengujian untuk pengambilan data daya (P) terukur rata-rata dari baterai VRLA untuk menyalakan beban berupa bohlam LED dilakukan pada daya nominal 10 W, 20 W, dan 30 W pada setiap bohlam LED DC maupun bohlam LED AC. Pada pengujian tersebut, untuk setiap daya nominal bohlam LED DC maupun bohlam LED AC, masing-masing dilakukan 10 kali pengujian dengan perlakuan beban:

- a. 1 bohlam LED;
- b. 2 bohlam LED paralel;
- c. 3 bohlam LED paralel;
- d. 4 bohlam LED paralel; dan
- e. 3 bohlam LED paralel.

Tabel 2.

Jumlah Bohlam LED	P (W)		Penghematan Daya LED DC terhadap LED AC (%)
	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC	
1	6,0	20,0	70,00
2	11,9	22,2	46,40
3	17,2	34,9	50,72
4	21,7	64,1	66,15
5	26,2	73,7	64,45

**Tabel 3.**

Daya terukur rata-rata beban bohlam LED 20 W

Jumlah Bohlam LED	P (W)		Penghematan Daya LED DC terhadap LED AC (%)
	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC	
1	8,0	21,3	62,44
2	15,8	62,6	74,76
3	21,7	76,6	71,67
4	28,1	90,6	68,98
5	33,3	105,4	68,41

**Tabel 4.**

Daya terukur rata-rata beban bohlam LED 30 W

Jumlah Bohlam LED	P (W)		Penghematan Daya LED DC terhadap LED AC (%)
	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC	
1	11,3	58,6	80,72
2	22,3	82,8	73,07
3	30,6	103,3	70,38
4	39,6	125,5	68,45
5	46,6	151,4	69,22

Data hasil pengukuran dan perhitungan penggunaan daya baterai dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Berdasarkan data hasil pengukuran penggunaan daya tersebut, untuk melihat penghematan daya penggunaan bohlam LED DC terhadap penggunaan bohlam LED AC pada daya nominal yang sama di setiap perlakuan beban, maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan kesalahan relatif penggunaan daya ( $\Delta P_{rel}$ ) oleh bohlam LED DC ( $P_{DC}$ ) terhadap bohlam LED AC ( $P_{AC}$ ) pada persamaan (1).

$$\Delta P_{rel} = \frac{|P_{DC} - P_{AC}|}{P_{AC}} \cdot 100 \% \tag{1}$$

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa bohlam LED DC 10 W menggunakan daya dari baterai VRLA 46,4% hingga 70% lebih kecil daripada bohlam LED AC 10 W. Sedangkan bohlam LED DC 20 W menggunakan daya dari baterai VRLA 62,44% hingga 74,76% lebih kecil daripada bohlam LED AC 20 W berdasarkan Tabel 3. Demikian pula halnya dengan bohlam LED DC 30 W sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4, yang menggunakan daya dari baterai VRLA 68,45% hingga 80,72% lebih kecil daripada bohlam LED AC 30 W.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa dalam pemanfaatan sistem PV *off-grid* 12 V untuk pencahayaan, penggunaan bohlam LED DC lebih

efisien dalam penggunaan energi dibandingkan dengan bohlam LED AC. Efisiensi ini disebabkan oleh bohlam LED DC yang menggunakan energi langsung dari baterai tanpa melalui proses konversi DC ke AC, sehingga mengurangi rugi konversi sebagai salah satu faktor signifikan yang menentukan efisiensi total sistem PV *off-grid*. Apabila menggunakan bohlam LED AC, maka akan terjadi rugi konversi. Rugi konversi ini diakibatkan oleh adanya efisiensi nominal inverter dan efisiensi driver bohlam LED AC.

Inverter yang digunakan dalam pengujian bohlam LED AC ini memiliki efisiensi nominal sebesar 85%-90%. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian inverter dalam kondisi tanpa beban. Pada kondisi pengujian tersebut, inverter mengonsumsi daya sebesar 9,5 W. Daya ini digunakan untuk mendukung operasi internal inverter (sistem *switching*, rangkaian kendali, rangkaian proteksi, dan lainnya). Daya ini merupakan *no-load power consumption* atau *standby power* yang merepresentasikan rugi daya internal inverter saat belum menyuplai beban. Rugi ini merupakan salah satu faktor rugi konversi pada inverter dalam penggunaan bohlam LED AC jika memanfaatkan sistem DC melalui PV *off-grid* 12 V untuk pencahayaan.

### 3.2. Intensitas Cahaya Terukur

**Tabel 5.**

Intensitas cahaya terukur rata-rata yang dihasilkan

Daya Nomonal Bohlam LED (W)	Jarak Pengukuran (m)	Intensitas Cahaya (Lux)	
		Bohlam LED DC	Bohlam LED AC
10	3	44	66
	6	26	39
20	3	67	98
	6	32	42
30	3	90	143
	6	60	61

Pengujian untuk pengambilan data intensitas cahaya terukur (lux) yang dihasilkan bohlam LED DC maupun bohlam LED AC telah dilaksanakan pada setiap bohlam dengan daya nominal LED 10 W, 20 W, dan 30 W. Pengujian ini dilakukan pada rangkaian yang hanya menggunakan beban 1 bohlam LED. Pengukuran dilakukan dalam ruangan seluas 12 m<sup>2</sup> dengan luxmeter tegak lurus terhadap bohlam LED dengan variasi jarak 3 m dan 6 m.

Pengujian ini menghasilkan data seperti pada Tabel 5. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa bohlam LED DC menghasilkan intensitas cahaya lebih rendah daripada bohlam LED AC. Untuk melihat persentase perbedaan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh bohlam LED DC maupun AC pada daya nominal yang sama di setiap jarak pengukuran ini, maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan kesalahan relatif intensitas cahaya ( $\Delta E_{rel}$ ) yang dihasilkan oleh bohlam LED DC ( $E_{DC}$ ) terhadap bohlam LED AC ( $E_{AC}$ ) menggunakan persamaan (2) pada setiap jarak pengukuran.

$$\Delta E_{rel} = \frac{E_{DC} - E_{AC}}{E_{AC}} \cdot 100 \% \tag{2}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bahwa bohlam LED DC 10 W menghasilkan intensitas cahaya 33,33 % lebih rendah daripada bohlam LED AC 10 W pada jarak pengukuran 3 m dan 6 m. Pada jarak pengukuran 3 m dan 6 m, bohlam LED DC 20 W menghasilkan intensitas cahaya 31,63 % dan 23,81 % lebih rendah daripada bohlam LED AC 20 W. Sedangkan bohlam LED DC 30 W menghasilkan intensitas cahaya 37,06 % dan 1,64 % lebih rendah daripada bohlam LED AC 30 W pada jarak pengukuran 3 m dan 6 m.

Fluks cahaya lampu LED AC secara nominal lebih besar karena dirancang untuk menghasilkan keluaran lumens yang lebih tinggi, melalui karakteristik driver LED, arus operasi yang digunakan, serta jumlah dan konfigurasi chip LED. Rangkaian driver LED yang diperlukan pada lampu LED AC dalam proses penyearahan dan pengaturan arus ini menimbulkan rugi konversi energi [11]. Efisiensi lampu LED dalam menghasilkan cahaya tidak hanya ditentukan oleh besarnya fluks cahaya yang dihasilkan. Parameter yang representatif adalah efikasi, yaitu perbandingan antara fluks cahaya dan total daya yang dibutuhkan [12].

Dengan menggunakan data pada Tabel 5, dapat dihitung besar efikasi cahaya bohlam LED DC dan bohlam LED AC menggunakan persamaan (3). Efikasi cahaya ini akan menunjukkan efisiensi bohlam LED dalam menggunakan daya untuk menghasilkan cahaya. Efikasi cahaya ini dapat dihitung dengan membandingkan fluks cahaya ( $\Phi$ ) yang dihasilkan bohlam LED dalam satuan lumen (lm) dengan daya ( $P$ ) yang dibutuhkan untuk menyalakan bohlam LED tersebut dalam satuan watt (W). Fluks cahaya bohlam

LED merupakan hasil kali intensitas cahaya ( $E$ ) yang dihasilkannya dalam satuan lux dengan luas area permukaan ( $A$ ) yang menerima intensitas cahaya tersebut dalam satuan  $m^2$  sebagaimana dalam persamaan (4).

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \tag{3}$$

$$\Phi = E \cdot A \tag{4}$$

Dalam perhitungan ini, digunakan data daya yang dibutuhkan masing-masing bohlam LED pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai fluks dan efikasi cahaya bohlam LED pada luas permukaan  $12 m^2$  seperti pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8.

**Tabel 6.**

	Fluks dan efisiensi cahaya bohlam LED 10 W			
	Jarak 3 m		Jarak 6 m	
	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC
$\Phi$ (lm)	528	792	312	468
$\eta$ (lm/W)	88,00	39,60	52,00	23,40

**Tabel 7.**

	Fluks dan efisiensi cahaya bohlam LED 20 W			
	Jarak 3 m		Jarak 6 m	
	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC
$\Phi$ (lm)	804	1.176	384	504
$\eta$ (lm/W)	100,50	55,21	48,00	23,66

**Tabel 8.**

	Fluks dan efisiensi cahaya bohlam LED 30 W			
	Jarak 3 m		Jarak 6 m	
	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC	Bohlam LED DC	Bohlam LED AC
$\Phi$ (lm)	1.080	1.716	720	732
$\eta$ (lm/W)	95,58	29,28	63,72	12,49

Hasil perhitungan pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8 menunjukkan bahwa meskipun fluks cahaya yang dihasilkan bohlam LED DC lebih rendah daripada bohlam LED AC, efikasi cahaya bohlam LED DC jauh lebih besar daripada bohlam LED AC. Hal ini terjadi karena untuk menghasilkan fluks cahaya yang lebih besar daripada bohlam LED DC, bohlam LED AC membutuhkan daya yang jauh lebih besar daripada bohlam LED DC. Dengan demikian, bohlam LED DC menghasilkan efisiensi yang lebih besar daripada

bohlam LED AC dalam penggunaan energi listrik DC dari baterai pada sistem PV *off-grid* untuk menghasilkan cahaya.

#### 4. SIMPULAN

Bohlam LED DC menghasilkan fluks cahaya 1,64 % - 37,06 % lebih rendah daripada bohlam LED AC. Meskipun demikian, penggunaan daya DC pada sistem PV *off-grid* untuk pencahayaan menggunakan bohlam LED DC jauh lebih rendah 46,40 % - 80,72 % daripada bohlam LED AC. Berdasarkan hal tersebut, bohlam LED DC mempunyai efisiensi yang lebih tinggi daripada bohlam LED AC dalam penggunaan daya DC dari sistem PV *off-grid* untuk menghasilkan cahaya. Dengan demikian, sistem PV *off-grid* yang menghasilkan sumber daya DC dapat memberikan waktu nyala bohlam LED DC lebih lama daripada bohlam LED AC.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Yun and A. Choi, 'Experimental Assessment of a PV-direct-connected DC LED Lighting System for Enhanced Energy Efficiency in Existing Buildings', *Energy Reports*, vol. 15, no. Juni 2026, p. 109060, 2026, doi: 10.1016/j.egy.2026.109060.
- [2] R. S. Rinaldi, A. Herawati, and I. N. Anggraini, 'Design of an Off-Grid Solar PV System for a Renewable Energy-Based Home in Bengkulu', *Motivaction*, vol. 7, no. 3, pp. 275–290, 2025, doi: 10.46574/motivaction.v7i3.449.
- [3] H. E. Gelani *et al.*, 'Comparative Efficiency and Sensitivity Analysis of AC and DC Power Distribution Paradigms for Residential Localities', *Sustainability*, vol. 14, no. 13, p. 8220, 2022, doi: 10.3390/su14138220.
- [4] F. W. Y. Saputra *et al.*, 'Preliminary Analysis of DC Grid with Photovoltaic for Row House Considering Off-Grid and On-Grid Conditions', *CYCLOTRON*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2025, doi: 10.30651/cl.v8i01.18152.
- [5] L. Halim, F. C. Hutabarat, A. S. Adam, and L. I. P. Manafe, 'Datasheet-based Efficiency Comparison Analysis of Alternating Current (AC) and Direct Current (DC) Electrical Systems', *JWS*, vol. 2, no. 11, pp. 1766–1781, 2023, doi: 10.58344/jws.v2i11.471.
- [6] M. A. Jibrán, Mursyidin, and H. A. Lastya, 'Analisis Perbandingan Intensitas Cahaya Lampu LED dan Non LED pada Ruangan', *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 8–12, 2025, doi: 10.55616/ajeetech.v5i2.1066.
- [7] F. Husnayain, D. S. Himawan, A. R. Utomo, I. M. Ardita, and B. Sudiarto, 'Analisis Perbandingan Kinerja Lampu LED, CFL, dan Pijar pada Sistem Penerangan Kantor', *CYCLOTRON*, vol. 6, no. 1, pp. 78–83, 2023, doi: 10.30651/cl.v6i1.17165.
- [8] M. A. Baihaqi, H. Abdillah, T. Asrori, A. Muhammad, J. Suharsono, and S. D. Candra, 'Penghematan Energi dengan Lampu LED Solusi Penerangan Berkelanjutan bagi Masyarakat Desa Wonoasih Probolinggo', *INSAN CENDEKIA*, vol. 2, no. 2, pp. 122–129, 2024, doi: 10.46838/ic.v2i2.624.
- [9] Turahyo, 'A Simple Strategy of Control DC-DC Converter as Power Supply on Household Lights', *Journal of Robotics and Control*, vol. 2, no. 6, pp. 484–488, 2021, doi: 10.18196/jrc.26126.
- [10] Y. Yoppy, S. W. Hidayat, H. W. Nugroho, T. A. W. Wijanarko, E. Trivida, and P. Wibowo, 'Design of Medium Power AC-DC Flyback LED Driver', *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 11, no. 1, pp. 13–24, 2021, doi: 10.22146/ijeis.52896.
- [11] Y. Chang, H. Cheng, C. Chang, H. Yen, and R. Lin, 'An AC/DC LED Driver with Unity Power Factor and Soft Switching', *Applied sciences*, vol. 8, no. 5, p. 780, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/app8050780>.
- [12] A. Djuretic, V. Skerovic, N. Arsic, and M. Kostic, 'Luminous Flux to Input Power Ratio, Power Factor and Harmonics when Dimming High-Pressure Sodium and LED Luminaires Used in Road Lighting', *Lighting Research & Technology*, vol. 51, no. 2, pp. 304–323, 2019, doi: <https://doi.org/10.1177/1477153518777272>.