

## Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Solar Panel

Maya Ardhita<sup>1</sup>, Valencia Liana<sup>1\*</sup>, I Made Andik Setiawan<sup>1</sup>, Ocsirendi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : valencialiana06@gmail.com

Received: 8 Januari 2025; Received in revised form: 6 Februari 2025; Accepted: 6 Februari 2025

### Abstract

The increasing demand for electricity encourages the utilization of renewable energy such as solar panels. However, solar electricity production faces efficiency challenges as the panel output is highly dependent on light intensity and ambient temperature. This test aims to optimize the output power of solar panels using Maximum Power Point Tracking (MPPT) with Perturb and Observe (PO) method and light sensor-based prediction (LDR). The test was conducted using 100 Wp monocrystal solar panel with MPPT algorithm implemented through buck-boost converter and controlled by Arduino Mega 2560. The results showed that the MPPT system increased the output power efficiency by 16.13% compared to the non-MPPT system. Variation of light intensity from 0 to 10,400 lux resulted in an increase in voltage from 1.15V to 25V, with maximum power increasing from 0.023W to 13W, reaching an average of 800 LUX/W. Characterization of LDR resulted in a conversion factor of 7,761.194 LUX/LDR, enabling accurate prediction of MPPT values based on light intensity. Comparative analysis between the LDR and PO methods showed the LDR method reached a maximum power of 11.62W at 9,293.71 lux, while the PO method reached 12.51W at 8,500 lux, indicating comparable performance in optimizing solar panel output power.

**Keywords:** Light intensity; MPPT; Solar panel.

### Abstrak

Meningkatnya kebutuhan listrik mendorong pemanfaatan energi terbarukan seperti *solar panel*. Namun, produksi listrik tenaga surya menghadapi tantangan efisiensi karena keluaran panel sangat bergantung pada intensitas cahaya dan suhu lingkungan. Pengujian ini bertujuan untuk mengoptimalkan daya keluaran *solar panel* menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan metode *Perturb and Observe* (PO) dan prediksi berbasis sensor cahaya (LDR). Pengujian dilakukan menggunakan *solar panel* monokristal 100 Wp dengan algoritma MPPT yang diimplementasikan melalui *buck-boost converter* dan dikendalikan oleh Arduino Mega 2560. Hasil menunjukkan sistem MPPT meningkatkan efisiensi daya keluaran sebesar 16,13% dibandingkan sistem non-MPPT. Variasi intensitas cahaya dari 0 hingga 10.400 lux menghasilkan peningkatan tegangan dari 1,15V menjadi 25V, dengan daya maksimum meningkat dari 0,023W hingga 13W, mencapai rata-rata 800 LUX/W. Karakterisasi LDR menghasilkan faktor konversi 7.761,194 LUX/LDR, memungkinkan prediksi akurat nilai MPPT berdasarkan intensitas cahaya. Analisis perbandingan antara metode LDR dan PO menunjukkan metode LDR mencapai daya maksimum 11,62W pada 9.293,71 lux, sementara metode PO mencapai 12,51W pada 8.500 lux, menunjukkan kinerja yang sebanding dalam mengoptimalkan daya keluaran *solar panel*.

**Kata kunci:** Intensitas cahaya; MPPT; Solar panel.

### 1. PENDAHULUAN

Energi listrik telah menjadi kebutuhan utama manusia untuk mendukung berbagai aktivitas yang terus berkembang. Sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan ini, pemanfaatan energi terbarukan seperti energi matahari melalui *solar panel* menjadi pilihan yang potensial karena ketersediaannya yang melimpah dan dapat diperbarui secara alami. *Solar panel* merupakan perangkat yang dapat

menghasilkan listrik DC dari suatu bahan semikonduktor ketika dipaparkan oleh cahaya matahari [1]. Kinerja *solar panel* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama perubahan pada intensitas cahaya dan suhu lingkungan. Cahaya dengan intensitas tinggi meningkatkan produksi elektron, yang berdampak pada kenaikan tegangan sekaligus peningkatan daya keluaran [2] [3].

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) merupakan algoritma yang digunakan untuk menghasilkan tegangan dan arus optimal sehingga didapat daya keluaran yang maksimal dari *solar panel* [2]. Algoritma ini bekerja dengan menemukan titik daya maksimum yang diimplementasikan ke DC-DC konverter dengan mengatur *duty cycle* sebagai switching. MPPT berfungsi menaikkan atau menurunkan tegangan untuk mencapai titik daya maksimum meskipun terjadi perubahan iradiasi matahari dan suhu [4]. Keluaran *solar panel* yang non-linear dan sangat bergantung pada kondisi lingkungan menyebabkan sulitnya pengoperasian dalam mendapatkan daya optimal [5]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode kendali MPPT yang efektif dan mudah diimplementasikan.

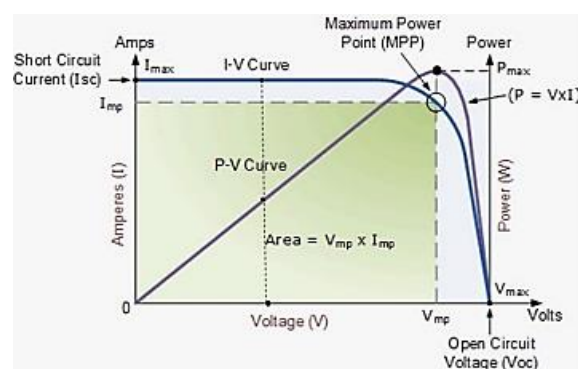
Metode *Perturb and Observe* (PO) menjadi metode awal yang digunakan dalam pengujian ini. Metode ini terdiri dari dua tahap, yakni *perturb* (mengubah) dengan menaikkan atau menurunkan *duty cycle* dan *observe* (mengamati) dengan menghitung perubahan daya akibat *perturb* sebelumnya [5]. Setiap perubahan *duty cycle*, akan dilihat perubahan daya yang dihasilkan. Bila daya sekarang lebih besar dibandingkan daya sebelumnya, maka *duty cycle* akan dinaikkan, namun jika daya sekarang lebih kecil, maka *duty cycle* akan diturunkan [6]. Oleh karena itu, metode ini memerlukan masukan nilai daya keluaran untuk mengidentifikasi besar daya yang jatuh di beban [5]. Selain metode *Perturb and Observe* (PO) yang mengandalkan perubahan *duty cycle* untuk menemukan titik daya maksimum, pengujian ini juga menggunakan metode berbasis sensor cahaya (LDR). Metode ini memanfaatkan intensitas cahaya untuk memprediksi nilai MPPT, sehingga memberikan pendekatan alternatif yang lebih sederhana dalam implementasi dan dapat mempercepat proses pengambilan keputusan. Kombinasi kedua metode ini

diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Melalui algoritma MPPT dan metode yang digunakan, pengujian ini bertujuan untuk mengoptimalkan dan mempertahankan daya maksimum *solar panel*, serta memahami adaptasinya terhadap perubahan kondisi untuk mencapai efisiensi maksimum.

## 2. METODE PENGUJIAN

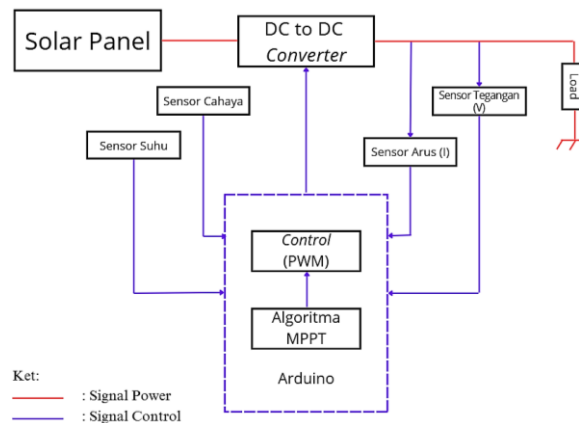
Pengujian ini menggunakan *solar panel* 100 Wp jenis monokristal yang memiliki tingkat efisiensi sebesar 14-17%. Namun, jenis ini memiliki kelemahan, yaitu penurunan efisiensi jika cuaca berawan atau mendung [7]. *Solar panel* memiliki kurva karakteristik arus-tegangan (I-V) dan daya-tegangan (P-V), daya maksimum (MPP) dicapai saat arus dan tegangan berada pada titik optimal [2] [8]. Kurva karakteristik I-V dipengaruhi oleh fluktuasi kondisi lingkungan akibat perubahan iradiasi dan suhu sehingga menyebabkan titik daya maksimum juga berubah. Penurunan intensitas cahaya menyebabkan daya yang dihasilkan akan menurun. Hal ini karena perubahan nilai arus pada permukaan *solar panel* dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya yang diterima, sedangkan tegangan cenderung stabil dan tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan intensitas cahaya [9]. Sementara itu, *solar panel* bekerja dengan optimal jika berada pada suhu normal sebesar 25°C. Peningkatan suhu *solar panel* di atas suhu normal dapat menyebabkan penurunan nilai tegangan, sementara nilai arus tetap stabil. Akibatnya, daya yang dihasilkan juga cenderung menurun, karena penurunan tegangan lebih signifikan dibandingkan perubahan arus yang tetap stabil meskipun suhu meningkat [9].



Gambar 1. Kurva Karakteristik I-V dan P-V Solar panel [4].

Pada pengujian, untuk meningkatkan kinerja, sistem dilengkapi dengan sensor cahaya, suhu, arus, dan tegangan yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan dan parameter listrik. Data dari sensor dikirim ke Arduino sebagai pengendali utama sistem. Dengan algoritma MPPT, Arduino menganalisis data untuk menentukan

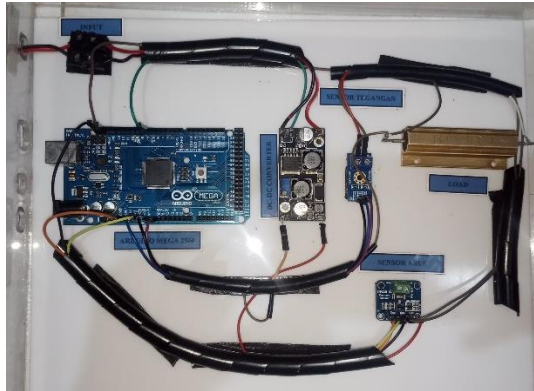
pengaturan tegangan dan arus yang optimal guna memaksimalkan daya yang dihasilkan. Arduino kemudian menghasilkan sinyal kontrol berupa PWM untuk mengatur kinerja DC-DC konverter, sehingga daya yang disalurkan ke beban dapat berjalan secara optimal. Gambar 2 menunjukkan blok diagram pengujian pada *solar panel*.



Gambar 2. Blok Diagram Pengujian *Solar panel*.

Berdasarkan blok diagram tersebut, dirangkailah rangkaian pengukur tegangan dan arus dari radiasi cahaya yang ditangkap *solar panel* seperti pada Gambar 3. Tegangan dari *solar panel* disalurkan ke DC-DC konverter tipe *buck-boost* untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran dengan pengaturan yang lebih besar atau lebih kecil, meskipun intensitas cahaya berubah dan memastikan daya keluaran tetap optimal [10]. Tegangan dan arus yang dihasilkan diukur secara simultan oleh sensor INA219 dan dikirimkan ke Arduino Mega 2560 untuk ditampilkan dalam waktu nyata. Beban berupa resistor 50 Ohm digunakan untuk menerima daya keluaran dan menguji kesesuaian tegangan serta arus yang dihasilkan dengan nilai optimal. Selain itu, sensor suhu digunakan untuk memantau kondisi suhu di sekitar *solar panel*. Pengujian algoritma MPPT menggunakan metode *Perturb and Observe* (PO) dilakukan dengan mengamati perubahan daya terhadap tegangan untuk menentukan titik daya maksimum. Metode ini bekerja dengan mengatur *duty cycle* dari DC-DC konverter berdasarkan perubahan radiasi

matahari dan suhu, dengan setiap perubahan *duty cycle* dievaluasi dengan membandingkan daya saat ini dengan daya sebelumnya. Parameter tegangan dan arus yang dihasilkan *solar panel* digunakan untuk menghitung daya keluaran secara akurat [10]. Selain itu, metode prediksi MPPT berbasis sensor cahaya (LDR) diterapkan dengan memanfaatkan intensitas cahaya untuk memprediksi nilai MPPT secara langsung. Prediksi ini dilakukan melalui kalibrasi intensitas cahaya terhadap data MPPT yang diperoleh dari metode *Perturb and Observe* (PO), sehingga memungkinkan estimasi yang cepat dan sederhana. Evaluasi kinerja kedua metode dilakukan dengan membandingkan nilai daya maksimum yang diprediksi oleh metode LDR berdasarkan intensitas cahaya dengan daya optimal yang dihitung menggunakan metode *Perturb and Observe* (PO). Perbandingan ini bertujuan untuk memastikan hasil prediksi dari metode LDR mendekati nilai daya optimal yang ditentukan oleh metode *Perturb and Observe* (PO), sehingga validitas pendekatan berbasis LDR dapat diukur dan diandalkan dalam berbagai kondisi lingkungan.



Gambar 3. Rangkaian MPPT pada Solar panel.

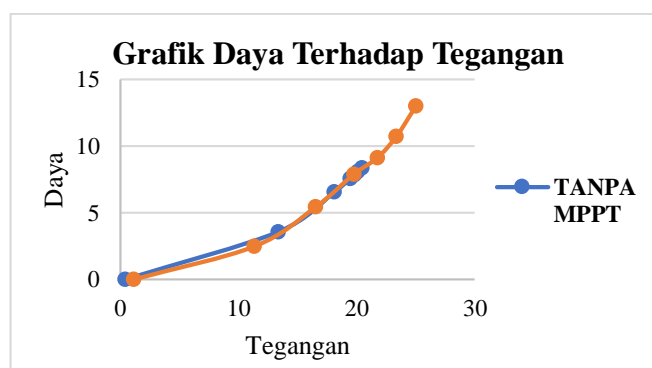
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian ini, pengambilan data dilakukan menggunakan *solar panel* 100 Wp dengan intensitas cahaya yang berbeda-beda. Perbedaan intensitas cahaya ini akan mengakibatkan perubahan pada nilai daya yang dihasilkan. Untuk mengetahui perbandingan efisiensi daya yang dihasilkan, dilakukan pengujian dengan dua metode, yaitu melalui sistem MPPT dan non-MPPT. Sistem MPPT menggunakan *buck-boost converter* yang dilengkapi dengan sensor

tegangan dan sensor arus INA219 untuk membantu algoritma MPPT menentukan titik daya maksimum melalui nilai tegangan dan arus yang terukur, sementara beban yang digunakan adalah resistor 50 Ohm. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis seberapa efektif sistem MPPT dalam mengoptimalkan daya keluaran *solar panel* dibandingkan dengan sistem non-MPPT pada berbagai kondisi intensitas cahaya, serta mengukur peningkatan efisiensi yang dapat dicapai melalui implementasi teknologi MPPT dalam sistem *photovoltaic*.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Tegangan terhadap Daya yang dihasilkan Tanpa MPPT dan Menggunakan MPPT

LUX	Tanpa MPPT			MPPT			Efisiensi Daya (P) (%)
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P) (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P) (W)	
0	0.408	0.008	0.003	1.15	0.02	0.02	6.91
2300	13.37	0.267	3.6	11.36	0.22	2.50	0.70
3500	18.11	0.362	6.6	16.54	0.33	5.46	0.83
5500	19.47	0.389	7.6	19.77	0.4	7.91	1.04
7300	19.81	0.396	7.8	21.75	0.42	9.14	1.16
8500	20.09	0.402	8.1	23.36	0.46	10.75	1.33
10400	20.44	0.409	8.4	25.00	0.52	13.00	1.56
	Rata - Rata		6.0	Rata - Rata		6.97	1.93



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Daya terhadap Tegangan Tanpa MPPT dan Menggunakan MPPT.

Berdasarkan data pada Tabel 1, daya keluaran *solar panel* dengan sistem MPPT dapat menghasilkan daya dengan efisiensi sebesar 16,13% dibandingkan dengan non-MPPT. Efisiensi daya keluaran dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Efisiensi = \frac{(P_{MPPT} - P_{non-MPPT})}{P_{non-MPPT}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dapat dilihat pula pada Gambar 4, pada tegangan rendah (0-10V), kedua sistem menunjukkan hasil daya yang hampir sama dengan daya yang relatif rendah. Pada rentang 10-20V, kedua sistem menunjukkan peningkatan daya dengan grafik yang berhimpit. Selanjutnya, terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari grafik MPPT pada tegangan lebih dari 20V yang menunjukkan

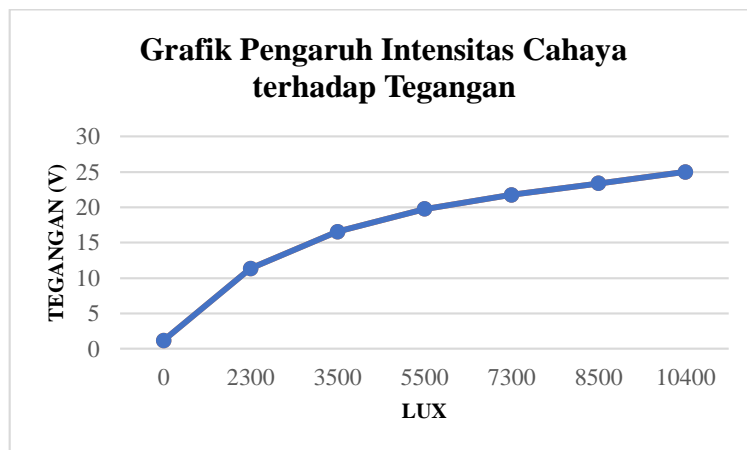
peningkatan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan non-MPPT. Sehingga dalam hal ini, sistem MPPT terbukti lebih efektif dalam mengoptimalkan daya keluaran dibandingkan dengan sistem non-MPPT dengan efisiensi daya yang baik.

### 3.1. MPPT pada *Solar panel* dengan Metode *Perturb and Observe* (PO)

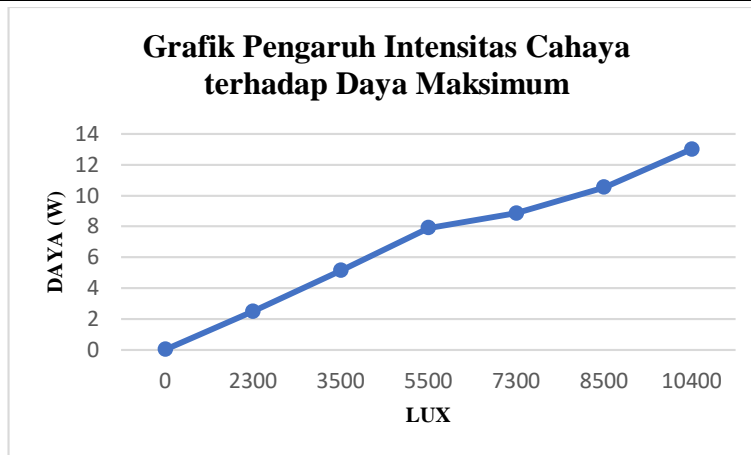
Untuk mengoptimalkan kinerja sistem MPPT meskipun terdapat perubahan intensitas cahaya, maka diperlukan suatu metode sebagai kendali algoritma MPPT, yaitu metode *Perturb and Observe* (PO). Untuk intensitas cahaya, pengukuran dilakukan secara manual dengan digital luxmeter, sedangkan pengukuran otomatis, menggunakan sensor cahaya (LDR).

Tabel 2. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Tegangan dan Daya Maksimum

LUX	Tegangan (V)	Daya (W)
0	1.15	0.023
2300	11.36	2.4992
3500	16.54	5.1392
5500	19.77	7.908
7300	21.75	8.8494
8500	23.36	10.534
10400	25	13
Rata -Rata		800 LUX/W



Gambar 5. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Tegangan.



Gambar 6. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Daya Maksimum.

Berdasarkan Tabel 2, Gambar 5 serta Gambar 6, hasil pengujian menunjukkan adanya korelasi positif yang signifikan antara intensitas cahaya dan kinerja *solar panel*. Pada rentang intensitas 0-2300 lux, terjadi peningkatan tegangan yang signifikan akibat eksitasi elektron yang optimal, namun laju peningkatan ini mulai menurun pada rentang 2300-5500 lux dan relatif kecil di atas 5500 lux karena keterbatasan kemampuan perangkat dalam memproses cahaya. Sistem mencapai tegangan maksimum 25V pada intensitas 10400 lux, dengan daya maksimum sekitar 13W yang diperoleh melalui algoritma MPPT metode *Perturb and Observe* (PO). Hubungan yang hampir linear antara intensitas cahaya dan daya maksimum mengkonfirmasi efisiensi sistem dalam mengoptimalkan daya keluaran, dengan rata-rata intensitas cahaya menghasilkan 800 LUX/W, membuktikan keberhasilan sistem dalam mengoptimalkan konversi energi matahari menjadi listrik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya sangat memengaruhi nilai tegangan

pada *solar panel*. Jika nilai tegangan berubah, maka daya maksimum pun akan berubah.

### 3.2. Prediksi MPPT Berdasarkan Intensitas Cahaya

Setelah melakukan pengujian MPPT menggunakan metode *Perturb and Observe* (PO) yang menunjukkan optimalisasi daya keluaran *solar panel*, pengujian selanjutnya difokuskan pada karakterisasi sensor cahaya (LDR) melalui proses linearisasi terhadap nilai lux pada luxmeter. Dalam hal ini, metode *Perturb and Observe* (PO) digunakan sebagai pembanding dalam pengujian intensitas cahaya yang terdeteksi oleh LDR, sehingga memungkinkan prediksi nilai MPPT berdasarkan intensitas cahaya yang diterima oleh *solar panel*. Proses linearisasi ini penting dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan intensitas cahaya yang menjadi parameter kunci dalam menentukan kinerja sistem MPPT, sehingga dapat diperoleh hubungan yang lebih presisi antara intensitas cahaya yang terukur dengan daya yang dihasilkan oleh sistem.

Tabel 3. Perbandingan Sensor Cahaya LDR dengan LUX

Sensor Cahaya (LDR)	LUX	Linearisasi
0.44	0	0
0.85	2300	0.296346
0.97	3500	0.450962
1	5500	0.708654
1.2	7300	0.940577
1.2	8500	1.095192
1.34	10400	1.34
Rata-rata	7.761,194 LUX/LDR	

Pada Tabel 3, Nilai yang dihasilkan oleh LDR berupa tegangan (V). Sehingga ketika di linearisasi, nilai yang dihasilkan

mendekati nilai LDR. Untuk mendapatkan rata-rata, dapat menggunakan persamaan berikut.

$$Rata - rata = \frac{Nilai\ Maks.LUX}{Nilai\ Maks.LDR} \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan, untuk mendapatkan nilai linearisasi dapat menggunakan persamaan berikut.

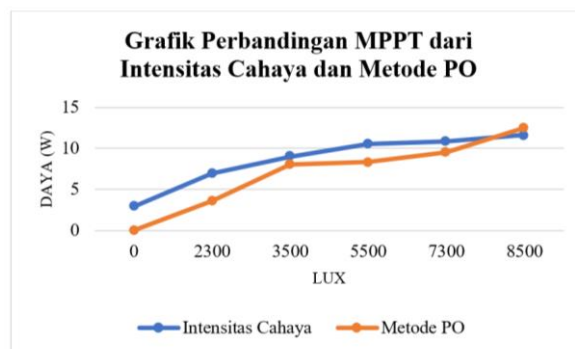
$$Linearisasi = \frac{LUX}{Rata-rata\ LUX} \dots\dots\dots(3)$$

Berdasarkan Tabel 3, didapat rata-rata konversi yang diperoleh sebesar 7.761,194 LUX/LDR sebagai faktor kalibrasi untuk mengonversi pembacaan sensor LDR menjadi nilai LUX yang setara dengan pembacaan luxmeter. Setelah menentukan rata-rata

konversi linearitas antara LDR dan luxmeter, analisis selanjutnya difokuskan pada perbandingan data prediksi MPPT yang diperoleh menggunakan LDR dengan data prediksi berdasarkan metode *Perturb and Observe* (PO).

Tabel 4. Perbandingan MPPT Berdasarkan Intensitas Cahaya dari Sensor Cahaya (LDR) dan Metode PO

Nilai MPPT Pada Solar panel					
Intensitas Cahaya			Metode PO		
LDR	LUX	Daya Maksimum (W)	LUX	Daya Maksimum (W)	
61	2313.94	2.89	0	0.04	
147	5576	6.97	2300	3.59	
190	7207	9.01	3500	8.06	
223	8459.17	10.57	5500	8.36	
229	8686.77	10.86	7300	9.53	
245	9293.71	11.62	8500	12.51	



Gambar 7. Grafik Perbandingan MPPT Berdasarkan Intensitas Cahaya dari Sensor Cahaya (LDR) dan Metode PO.

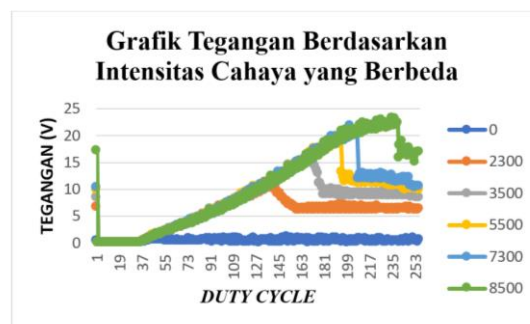
Pada Tabel 4 dan Gambar 7, Intensitas cahaya yang diukur menggunakan LDR berkisar antara 61 hingga 245, dengan nilai lux yang berbanding lurus mulai dari 2313,94 hingga 9293,71. Secara umum, daya maksimum yang dihitung menggunakan LDR meningkat seiring kenaikan intensitas cahaya, dari 2,89W pada lux 2313,94 hingga 11,62W

pada lux 9293,71. Hal serupa terlihat pada metode *Perturb and Observe* (PO), di mana daya maksimum meningkat dari 0,04W pada lux 0 hingga 12,51W pada lux 8500. Namun, perbedaan antara kedua metode terlihat pada hasil daya yang dihasilkan, dengan metode *Perturb and Observe* (PO) umumnya menunjukkan nilai daya yang lebih rendah

dibandingkan metode LDR pada tingkat intensitas cahaya yang sama. Perbandingan ini mengindikasikan adanya perbedaan pendekatan atau tingkat akurasi antara kedua metode dalam memprediksi nilai MPPT.

Perbedaan hasil pengukuran antara kedua metode tersebut dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 8, yang menampilkan grafik tegangan maksimum terhadap *duty cycle* pada berbagai tingkat intensitas cahaya. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa nilai

tegangan maksimum bervariasi seiring dengan perubahan *duty cycle*, dengan pola yang berbeda untuk setiap intensitas cahaya. Pada intensitas cahaya 8500 lux yang ditunjukkan oleh garis hijau, terlihat peningkatan tegangan yang signifikan hingga mencapai puncak 23,36V, sementara pada intensitas cahaya yang lebih rendah seperti 2300 lux (garis merah) menunjukkan tegangan yang relatif stabil di sekitar 11,36V.



Gambar 8. Grafik Tegangan Maksimum dengan Intensitas Cahaya Berbeda – Beda

#### 4. SIMPULAN

Pengujian MPPT pada *solar panel* berhasil mencapai tujuan yang ditetapkan dalam pendahuluan. Sistem MPPT terbukti mampu mengoptimalkan daya keluaran *solar panel* dengan peningkatan efisiensi sebesar 16,13% dibandingkan sistem non-MPPT. Hasil pengujian menunjukkan pengaruh intensitas cahaya yang signifikan terhadap kinerja sistem, dengan peningkatan intensitas cahaya dari 0 lux hingga 10400 lux menghasilkan kenaikan tegangan dari 1,15V menjadi 25V, dengan daya maksimum meningkat dari 0,023W hingga 13W, serta rata-rata intensitas cahaya dari pengujian ini menghasilkan nilai sebesar 800 LUX/W. Karakterisasi sensor cahaya menghasilkan faktor konversi 7.761,194 LUX/LDR yang memungkinkan prediksi akurat nilai MPPT berdasarkan intensitas cahaya. Pada perbandingan metode pengukuran, LDR menunjukkan hasil pengukuran daya yang lebih tinggi dibandingkan metode *Perturb and Observe* (PO) pada intensitas cahaya yang

sama. Daya maksimum yang terukur dengan sensor cahaya (LDR) menghasilkan nilai sebesar 11,62W pada 9293,71 lux dan daya maksimum yang terukur dengan luxmeter sebesar 12,51W pada 8500 lux menggunakan metode *Perturb and Observe* (PO), dan nilai ini tidak memiliki jangkauan yang terlalu tinggi. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan kemampuan tracking posisi matahari dan sistem penyimpanan energi untuk mengoptimalkan efisiensi konversi energi secara keseluruhan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan apresiasi mendalam kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas penyediaan dukungan dan fasilitas yang memadai sehingga memungkinkan terlaksananya pengujian serta publikasi penelitian ini dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. E. R. Dalimunthe, F. Kurniawan and Lasmadi, "Pengaruh Penggunaan *Perturb & Observe* pada MPPT terhadap Daya Keluaran Sel Surya," *AVITEC*, vol. 1, no. 1, pp. 53-64, 2019 .
- [2]. G. P. M. Wirsuyana, R. S. Hartati and I. B. G. Manuaba, "Metode Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya: Sebuah Tinjauan Literatur," *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 21, no. 2, pp. 211-224, 2022.

- [3]. M. I. N. Kuncoro, N. Ananda, I. M. A. Setiawan and Surojo, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Solar Panel Dengan Sistem Tracking," *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat*, pp. 145-150, 2022.
- [4]. M. Ula and A. Rahmadani, "Rancang Bangun Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya dengan Metode Incremental Conductance Menggunakan Zeta Konverter," *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 22, no. 1, pp. 1-20, 2023.
- [5]. G. B. Sitanggung, T. Andromeda and E. W. Sinuraya, "Perancangan Kontrol MPPT Dengan Metode P&O Pada Sistem PV Di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro," *TRANSIENT*, vol. 10, no. 1, pp. 222-228, 2021.
- [6]. M. Widyanurrahmah, . S. M. Tika, I. M. A. Setiawan and Z. Saputra, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Untuk Generator DC," *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat*, pp. 1-7, 2022.
- [7]. D. A. Panjaitan and S. , "Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal," *Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil,)*, vol. 1, no. 2, pp. 99-106, 2020.
- [8]. M. R. Al Haqq, I. Cholissodin and A. A. Soebroto, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya dalam Kondisi Berbayang Sebagian dengan Particle Swarm Optimization (PSO)," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 8, pp. 3524-3537, 2021.
- [9]. A. Lubis, H. Hasan and I. D. Sara, "Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Sistem Fotovoltaik Menggunakan Algoritma Incremental Conductance," *KITEKTRO: Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 1-8, 2022.
- [10]. A. T. Nugraha, A. M. Ravi dan M. Z. A. Tiwana, "Penggunaan Algoritma Gangguan dan Observasi pada Sistem Pelacak Titik Daya Maksimum pada Sel Surya Menggunakan Konverter DC-DC Fotovoltaik," *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 1, pp. 8-18, 2021.