

## RANCANG BANGUN *PHOTOVOLTAIC SIMULATOR* UNTUK PENGUJIAN KARAKTERISTIK PANEL SURYA

Usman<sup>1)</sup>, Alamsyah Ahmad<sup>2)</sup>, Muh. Rafif Akhdan<sup>3)</sup>, Muhammad Riyan Ardiyansyah<sup>4)</sup>

<sup>1,2)</sup> Dosen Program Studi D4 Teknik Listrik, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

<sup>3,4)</sup> Mahasiswa Program Studi D4 Teknik Listrik, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

This paper discusses the design, implementation, and testing of a photovoltaic (PV) simulator. The purpose of this study is to create a PV simulator that can be used to measure the characteristics of the PV output at different radiation conditions and ambient temperatures. The PV simulator can be used as a practicum module for the Generation and Distribution of Electric Power Systems, especially in experimenting with the characteristics of solar panels. The method used is design, fabrication, and performance testing. The results of the PV simulator test are obtained, the intensity of light that can be produced is 0–23000 Lux with the required electric current is 0–1.134 A. The measurement results of the PV output at various radiation and temperature conditions show the same pattern to the characteristics of PV in general, namely, curve IV, and can prove that the performance of PV made of monocrystalline is better than that of polycrystalline.

**Keywords:** *PV simulator, PV output characteristics, radiation variations, temperature variations*

### 1. PENDAHULUAN

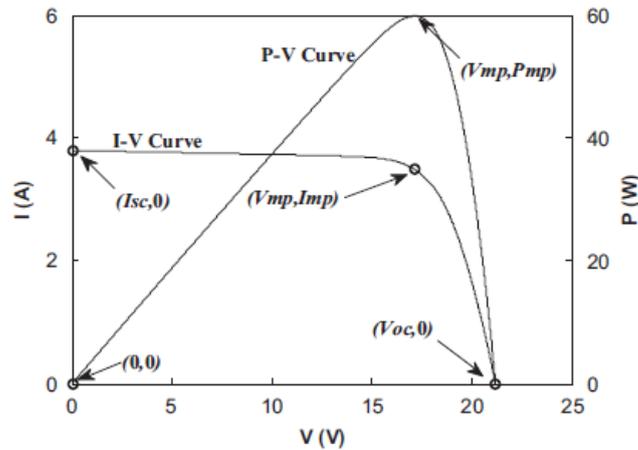
Energi matahari adalah salah satu sumber energi yang terbarukan, menjanjikan dan populer saat ini untuk industri ataupun kehidupan manusia. Energi matahari ini dapat secara langsung dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan perangkat *photovoltaic* (PV) atau panel surya. PV mengubah gelombang elektromagnetik (foton) yang terjadi berdasarkan interaksi foton-elektron pada sambungan P-N bahan semikonduktor. Hal ini terjadi karena PV ini terbuat dari bahan semikonduktor yaitu Silikon (Si) atau Germanium (Ge).

Karakteristik PV secara umum digambarkan pada kurva I-V atau P-V, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kurva ini memberikan bagaimana hubungan antara tegangan terhadap arus serta tegangan terhadap daya keluaran PV. Dari I-V atau P-V, akan didapatkan parameter seperti  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $I_m$ ,  $V_m$ , dan  $P_m$ . Parameter-parameter ini tercantum pada setiap keping PV, sebagai informasi dari PV tersebut. Karakteristik PV yang dicantumkan ini umumnya diuji pada kondisi standar atau *Standard Test Condition* (STC) yaitu iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> dan suhu 25 °C. Parameter-parameter tersebut sebagai gambaran karakteristik PV, sangat dipengaruhi oleh iradiasi dan suhu. Kenaikan iradiasi akan menyebabkan naiknya dari parameter yang disebutkan di atas, begitu pun pada kondisi sebaliknya. Sedangkan kenaikan suhu akan menyebabkan kenaikan  $I_{sc}$  akan tetapi secara signifikan menurunnya  $V_{oc}$ . Akan tetapi penurunan suhu, akan menurunkan  $I_{sc}$  dan menyebabkan kenaikan  $V_{oc}$  secara signifikan [1]. Kedua kondisi ini akan menyebabkan perubahan  $I_m$  dan  $V_m$  yang pada akhirnya akan mempengaruhi nilai  $P_m$ .

Pengukuran kinerja PV secara langsung menggunakan cahaya matahari untuk memberikan gambaran karakteristik PV adalah hal yang paling mudah untuk dilakukan. Akan tetapi akan timbul masalah, karena cahaya matahari sulit untuk dilakukan variasi iradiasi dan suhu sesuai dengan yang diinginkan dalam waktu yang singkat. Pengukuran kinerja PV pada berbagai kondisi iradiasi dan suhu atau kombinasi keduanya. Sehingga diperlukan sebuah alat dengan memodifikasi sumber cahaya dan suhu yang dapat dikondisikan. Dengan demikian dibutuhkan alat yang lebih fleksibel dan efektif untuk mengatasi hal tersebut. Alat seperti ini biasanya dikenal dengan *PV simulator*.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang *PV simulator* ini seperti, [2] yang menggunakan beberapa jenis warna LED (*Light Emitting Diode*) sebagai sumber cahaya untuk melakukan pengujian karakteristik PV. [3] yang memonitoring  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$  pada kondisi intensitas cahaya yang berbeda. Serta [4] membahas tentang simulator panel surya yang ekonomis dengan memodifikasi keluaran PV dengan menggunakan *power supply* DC. Simulator yang akan dikembangkan ini akan menggunakan sumber cahaya buatan yaitu lampu LED dan sumber panas berupa pemanas (*heater*). Pemilihan LED sebagai sumber cahaya sebagai pengganti cahaya matahari, karena dapat menyimulasikan pada kondisi spektrum kelas A, yaitu AM 1.5 dengan panjang gelombang cahaya yang dapat dihasilkan adalah 350 nm - 1100 nm. Selain itu lampu LED

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Usman, Telp 085242396562, usman.ose@poliupg.ac.id



Gambar 1. Kurva I-V dan P-V sebuah modul PV [12].

mempunyai biaya dan daya yang rendah [5]. Sehingga simulator ini dapat melakukan pengukuran pada kondisi iradiasi dan suhu yang berbeda-beda seperti pada [4] akan tetapi menggunakan sumber cahaya bukan dengan *power supply* DC untuk menghasilkan tegangan dan arus pada PV.

Tujuan penelitian ini ialah membuat suatu simulator yang akan digunakan untuk mengukur kinerja dari sebuah PV pada berbagai kondisi iradiasi dan suhu. Selain itu simulator ini akan digunakan sebagai modul Praktikum Pembangkit dan Penyaluran Sistem Tenaga Listrik.

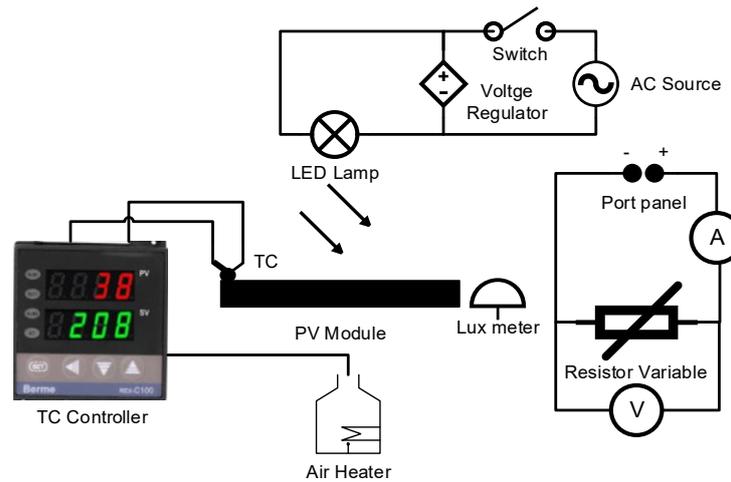
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam implementasi PV *simulator* ini disajikan pada Tabel 1. Alat dan bahan pada tabel tersebut adalah komponen-komponen utama yang dibutuhkan dalam mengimplementasikan PV *simulator*.

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan, serta spesifikasi dan fungsinya.

No.	Alat/Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	AVO meter digital	Suhu dan kelembaban operasi : 4°C - 40°C dan 80% maksimal, Tegangan DC : 400 mV (±0.5%) dan 1000 V (±0.9V), Arus DC : 0-400 mA (±1.4%), 0-10 (±2%).	Pengukur arus dan tegangan lampu dan keluaran PV
2	Lux meter	Jangka pengukuran : 1 – 200000 Lux, akurasi : ±4%, satuan pengukuran Lux dan FC	Pengukur intensitas cahaya
3	Thermo couple	Tipe : K, rentan pengukuran : -50°C - 1350°C	Pengukur suhu PV
4	Thermo couple controller	Rentan pengukuran : -50°C - 400°C, tampilan dan kontrol : digital, tegangan Input : 220V.	Pengendali <i>thermo couple</i>
5	AC voltage regulator	Tegangan input : 220V AC, tegangan output : 23 - 220V AC, rentang arus : 15A, arus maksimal : 20A dan daya maksimal : 4000W	Menaikkan dan menurunkan tegangan AC
6	Lampu LED	Tegangan input : 220V, daya : 300W, lumen : 90 Lm/W dan warna cahaya : 6000±200K	Sumber iradiasi (pengganti sinar matahari)
7	Air heater (blower)	Tegangan input : 230V ~ 50Hz, mode suhu : 400°C/600°C, kecepatan udara : 300 L/min/500 L/min	Penghasil panas
8	Resistor geser	Hambatan : 1kΩ dan arus maksimal : 3A	Memvariasikan tegangan keluaran PV dari 0 - $V_{oc}$
9	Besi holo	Ukuran : 20 x 40 mm, material : galvanis dan ketebalan 1.5mm	Rangka simulator
10	Besi siku	Ukuran 30 x 30 mm	Penyangga PV dalam simulator
11	Multipleks	Tebal : 6mm	Dinding simulator, pengisolasi cahaya LED dan suhu <i>air heater</i>

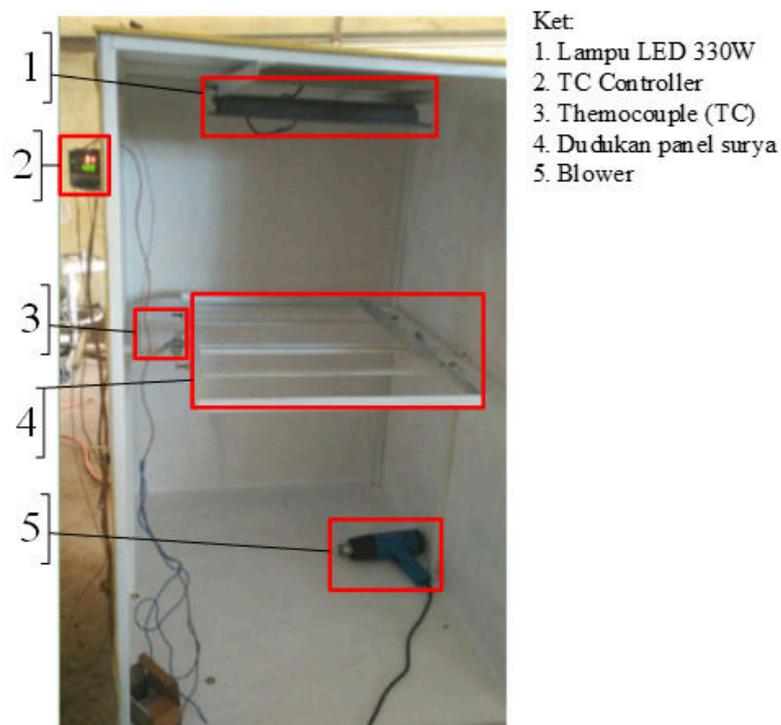


Gambar 2. Diagram skematis pengambilan data.

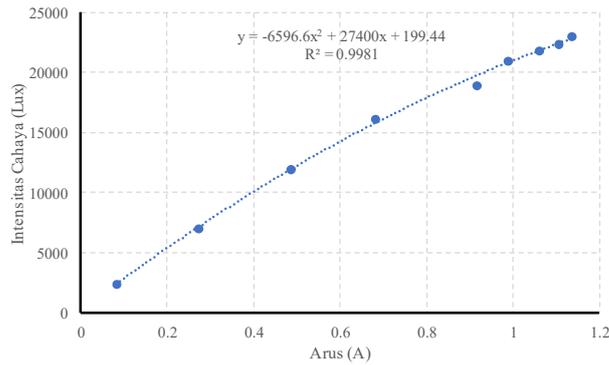
### 2.3 Pengumpulan dan Analisis Data

Pengujian karakteristik PV ini meliputi 2 pengujian yaitu pengaruh iradiasi dan suhu terhadap keluaran PV. Untuk melakukan pengukuran tersebut, besaran yang diperlukan ( $V_{OC}$ ,  $I_{SC}$ , dan arus pada kondisi tegangan dari 0 -  $V_{OC}$  dengan kenaikan 1V). Diagram skematis pengumpulan/pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan demikian proses pengumpulan data pengukuran tersebut adalah:

1. Pengaruh iradiasi (intensitas cahaya); dilakukan dengan mengaktifkan lampu sebagai sumber cahaya. Untuk melakukan variasi intensitas cahaya dalam simulator dilakukan dengan mengatur VR. Semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh VR tinggi intensitas cahayanya. Variasi intensitas dilakukan sebanyak 3 variasi. Secara teori mengubah intensitas cahaya dalam Lux menjadi  $W/m^2$  dapat dilakukan. Berdasarkan [6], bahwa  $1000 W/m^2$  setara dengan 120000 Lux atau  $1 W/m^2 = 119.97 Lux$ . Kapasitas panel yang akan digunakan adalah 50 Wp masing-masing untuk jenis monokristal dan polikristal.
2. Pengaruh suhu; dilakukan dengan mengaktifkan *air heater* sebagai sumber panas. Untuk melakukan variasi suhu dalam simulator maka yang di atur setingan suhu pada TC Kontroler, dengan variasi suhu sebanyak 3 variasi.



Gambar 3. Simulator PV hasil fabrikasi.

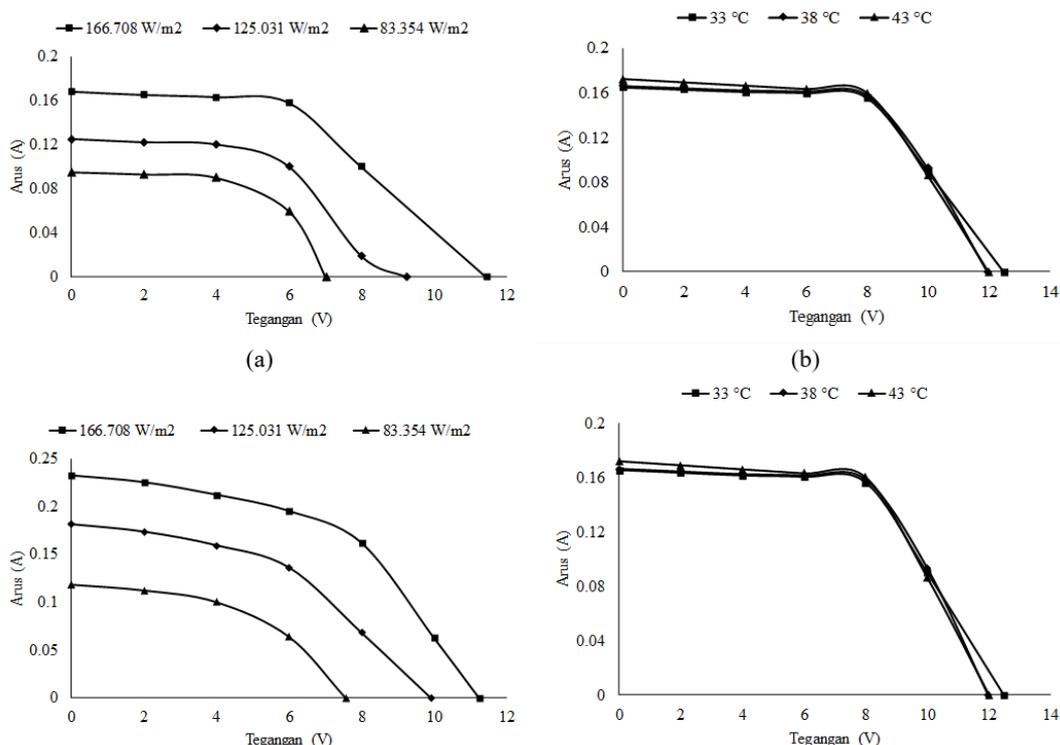


Gambar 3. Hubungan arus dan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh Lampu LED 300W.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulator PV hasil fabrikasi ditunjukkan pada **Error! Reference source not found.** dengan dimensi 0.8 x 1 x 1.5 m. Secara umum simulator ini dari Lampu LED 300W (1) yang berfungsi sebagai sumber cahaya, *termocuple controller* (2) untuk menampilkan pembacaan suhu dari *termocuple* dan juga pengendali on-off dari *blower*, *termocuple* (3) sebagai sensor suhu, penyangga panel surya (4) sebagai tempat untuk meletakkan panel surya dalam proses pengambilan data untuk pengujian karakteristik panel surya, dan *blower* (5) yang berfungsi sebagai penghasil panas untuk memvariasikan suhu.

Hubungan antara arus dan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh Lampu LED 300W dapat dilihat pada Gambar 4. Variasi arus didapatkan dengan memvariasikan tegangan input pada lampu dengan rentan tegang input adalah 100 – 250 V yang disesuaikan dengan spesifikasi lampu adalah 65 – 265 V. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh persamaan *polynomial* orde 3 yaitu  $y = -6596.6x^2 + 27400x + 199.44$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0.9981$ . Koefisien determinasi mempunyai nilai maksimal 1. Semakin mendekati 1 artinya persamaan yang dihasilkan itu semakin baik [8]. Hubungannya dengan Gambar 4 adalah persamaan yang dihasilkan dapat memberikan hubungan yang sangat baik, dalam hal ini bahwa pada nilai arus tertentu dapat ditentukan intensitas cahayanya.



Gambar 5. Kurva I-V pada kondisi (a) iradiasi yang berbeda-beda pada panel surya jenis monokristal, (b) suhu yang berbeda-beda pada panel surya jenis monokristal, (c) iradiasi yang berbeda-beda pada panel surya jenis polikristal, (d) suhu yang berbeda-beda pada panel surya jenis polikristal.

Kurva karakteristik panel surya (kurva I-V) berdasarkan pengukuran dengan menggunakan simulator ini disajikan pada **Error! Reference source not found.** Pola pada gambar tersebut telah mengikuti kurva I-V pada umumnya seperti yang dijelaskan sebelumnya (dapat dilihat pada Gambar 1). Pada kedua jenis panel baik monokristal maupun polikristal menurunnya iradiasi akan menyebabkan penurunan tegangan maupun arus. Akan tetapi panel surya jenis polikristal akan mengalami penurunan yang lebih besar dari pada panel surya jenis monokristal pada penurunan iradiasi yang sama. Sedangkan kenaikan suhu pada kedua jenis panel baik monokristal maupun polikristal akan menyebabkan kenaikan arus akan tetapi tegangan yang dihasilkan akan menurun. Kurva karakteristik dari panel surya berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** Apabila Gambar 1 dan **Error! Reference source not found.** dibandingkan kedua gambar tersebut memiliki pola kurva yang sama. Berdasarkan **Error! Reference source not found.** dapat dilihat bahwa panel surya dengan bahan yang terbuat dari polikristal pada kondisi lingkungan yang sama (iradiasi dan suhu) yang sama panel surya dengan bahan polikristal mempunyai kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan panel surya jenis monokristal, yang ditandai dengan arus yang dihasilkan lebih tinggi, hal yang sama diungkap dalam [9], [10].

#### 4. KESIMPULAN

Hubungan antara arus dan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh Lampu LED dalam simulator ini menghasilkan persamaan *polynomial* orde 3 yaitu  $y = -6596.6x^2 + 27400x + 199.44$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0.9981$ . Sedangkan pengukuran kinerja untuk kedua jenis panel surya menghasilkan kurva I-V sebagaimana kurva I-V pada umumnya. Untuk meningkatkan iradiasi yang dihasilkan oleh lampu LED yang digunakan dapat ditambahkan dengan memasang Lensa Fresnel seperti dalam [11].

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Usman, A. R. Idris, Sofyan, dan I. Syamsuddin, "Pemodelan dan Simulasi Photovoltaic Menggunakan Pendekatan Model Tiga Diode," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 4, hal. 423–429, Des. 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i4.688.
- [2] A. Namin, C. Jivacate, D. Chenvidhya, K. Kirtikara, dan J. Thongpron, "Determination of solar cell electrical parameters and resistances using color and white LED-based solar simulators with high amplitude pulse input voltages," *Renewable Energy*, vol. 54, hal. 131–137, Jun. 2013, doi: 10.1016/j.renene.2012.08.046.
- [3] K. Krismadinata, A. Aprilwan, dan A. B. Pulungan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Simulator Modul Surya," dalam *Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung (SENTER 2018)*, 2018, hal. 192–201, [Daring]. Tersedia pada: <https://senter.ee.uinsgd.ac.id/repositori/index.php/prosiding/article/view/senter2018p22/88>.
- [4] N. A. Windarko, M. N. Habibi, M. A. B. Nugroho, dan E. Prasetyono, "Simulator Panel Surya Ekonomis untuk Pengujian MPPT pada Kondisi Berbayang Sebagian," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 1, hal. 110–115, Feb. 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i1.117.
- [5] V. Esen, Ş. Sağlam, dan B. Oral, "Light sources of solar simulators for photovoltaic devices: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 77, hal. 1240–1250, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.03.062.
- [6] P. Michael, "A Conversion Guide: Solar Irradiance And Lux Illuminance," IEEE, 2019. doi: 10.21227/mxr7-p365.
- [7] H. D. E. Sinaga dan N. Irawati, "Perbandingan Double Moving Average dengan Double Exponential Smoothing pada Peramalan Bahan Medis Habis Pakai," *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 4, no. 2, 2018, doi: <https://doi.org/10.33330/jurtekxi.v4i2.60>.
- [8] I. L. Lubis, B. M. Sinaga, dan H. Sasongko, "Pengaruh Profitabilitas, Struktur Modal, Dan Likuiditas Terhadap Nilai Perusahaan," *Jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen*, vol. 3, no. 3, hal. 458–465, Sep. 2017, doi: 10.17358/jabm.3.3.458.
- [9] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, hal. 73–80, Mar. 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.
- [10] S. E. P. Pagan, I. D. Sara, dan H. Hasan, "Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh," *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 3, no. 4, 2018.
- [11] M. Walidain, I. D. Sara, dan M. Syukri, "Perancangan Sistem Penerangan LED Sebagai Sumber

Cahaya pada Pengujian Modul Surya,” *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/kitektro/article/view/11022>.

- [12] K. Ishaque, Z. Salam, dan H. Taheri, “Simple, fast and accurate two-diode model for photovoltaic modules,” *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 95, no. 2, hal. 586–594, Feb. 2011, doi: 10.1016/J.SOLMAT.2010.09.023.

## **6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas fasilitas dan hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2021, melalui Unit P3M dengan nomor kontrak B/578/PL10.13/PT.01.05/2021.