

PENGARUH SUDUT ELEVASI PANEL FOTOVOLTAIK TERHADAP CAHAYA AC BOHLAM SEBAGAI SUMBER ENERGI FOTON

Muh. Awaludin A. M. Djafar, Mustofa, Rustan Hatib, Daud Patabang

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Jl. Soekarno Hatta Km.9 Tlp. (0451) 422611- 422355

E-mail : awaldjfar@gmail.com

Abstract: *The most optimal elevation angle for the PV module in this study depends on the type and power of the given bulb and the area of light received by monocrystalline photovoltaic panels, for the 3 types of bulbs used the most optimal elevation angle is 0°. The highest efficiency of the PV module is at an elevation angle of 0° with a 20 Watt CFL bulb, which has an efficiency of 1.49%. The maximum output power generated from the PV module is 0.044 W which occurs in the 15 Watt Hannochs LED bulb. This can happen because it is influenced by the light source that points directly to the surface of the monocrystalline photovoltaic panel so that the light received by PV is not wasted much compared to the amount of light received at angles of 15°, 30°, and 90°.*

Keywords : *Photovoltaic, PV Efficiency, Elevation Angle, and Monocrystalline.*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat vital dalam kehidupan umat manusia. Kebutuhan akan sumber energi listrik akan semakin meningkat dan peningkatan tersebut harus diimbangi dengan penyediaan sumber energi listrik. Hal ini disebabkan karena energi dari bahan bakar fosil dalam jangka waktu yang panjang persediaannya semakin menipis dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Energi terbarukan merupakan salah satu energi alternatif sebagai pengganti energi fosil. Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi adalah inovasi teknologi fotovoltaik.

Fotovoltaik merupakan piranti yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi matahari dapat menghasilkan daya hingga 156.486 MW, jumlah yang lebih besar jika dibandingkan dengan sumber energi terbarukan yang lainnya. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem. Dalam 10 hingga 12 jam cuaca tidak selalu dalam keadaan cerah, terkadang juga cuaca mendung, berawan, dan tidak stabil. Namun selain cahaya matahari, ada sebuah sumber cahaya yang cukup familiar di kehidupan yaitu cahaya yang dihasilkan bohlam.

Disamping energi matahari sebagai sumber energi foton PV, cahaya bohlam LED juga berpotensi untuk dimanfaatkan dengan intensitas yang konstan pada malam hari. Bohlam LED (Light Emitting Diode) adalah

Komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberi tegangan maju. LED merupakan keluarga dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor yang terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N. Selama ini LED banyak digunakan pada perangkat elektronik karena ukuran yang kecil, cara pemasangan praktis, serta konsumsi listrik yang rendah. Salah satu kelebihan LED adalah usia relatif panjang, yaitu lebih dari 30.000 jam (Suhardi, 2014).

Mustofa, (2019) melakukan penelitian pada karakterisasi spektrum cahaya artificial sun dengan hot and cold mirror tipe techspec AOI 50 mm² square pada photovoltaic thermoelectric generator, mengatakan bahwa hanya sekitar 10-20% energi surya yang diserap sel surya dapat dikonversi menjadi listrik, yang 20% lagi dipantulkan dan sisanya 60-70% dibuang menjadi thermal. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa radiasi spektrum cahaya tiruan bohlam Halogen, Pijar dan Xenon dapat digunakan sebagai sumber radiasi.

Sudut kemiringan optimal panel surya merupakan salah satu faktor penentu terhadap penerimaan jumlah radiasi surya dalam jumlah maksimal, sehingga akan berdampak terhadap daya keluaran panel surya. Posisi surya yang tidak konstan sangat berpengaruh terhadap bumi, sehingga dibutuhkan analisa aktual sudut matahari terhadap panel surya sepanjang tahun yang disesuaikan dengan latitude lokasi. Analisa yang dihasilkan sangat diperlukan pada

perencanaan sebuah sistem instalasi panel surya (Zhao dkk., 2010).

Sudut kemiringan panel surya yang menghasilkan tegangan dan arus dalam jumlah yang lebih besar adalah pada sudut 10° pada sumbu x negatif. Pada sudut kemiringan tersebut menghasilkan nilai daya yang paling maksimal sehingga pada sudut tersebut panel surya dapat bekerja optimal (Tamimi dkk., 2016).

Permasalahan utama dari sel surya yaitu daya yang dihasilkan oleh panel surya masih bersifat fluktuatif karena masih tergantung pada besar kecilnya tingkat intensitas cahaya matahari. Besar kecilnya intensitas matahari ternyata dipengaruhi oleh sudut kemiringan sel surya yang akan mempengaruhi tegangan panel surya dan diteruskan pada daya keluaran sel surya (Ali & Aziz, 2019).

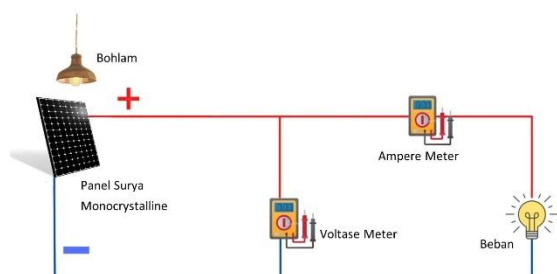
Berdasarkan dari latar belakang masalah tersebut, untuk memaksimalkan intensitas cahaya yang diterima oleh sel fotovoltaik maka dibutuhkan sudut elevasi sel fotovoltaik yang tepat untuk menerima cahaya maksimum. Pada penelitian kali ini, akan dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh sudut elevasi terhadap efisiensi pada sel surya tipe monocrystalline dengan menggunakan cahaya bohlam sebagai sumber foton.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun lokasi penelitian dilakukan di ruangan khusus gedung Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako, Palu. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan mulai bulan Oktober 2021 pada pukul 09.00 sampai dengan pukul 14.00 WITA.

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bohlam; LED Hannochs 15 watt, LED 20 Camus watt dan CFL Philips 20 watt.
- 2) Panel Surya
- 3) Multimeter Digital
- 4) Termometer Digital Infrared
- 5) Solar Power Meter
- 6) Beban atau Hambatan



Gambar 1. Skema pengujian

Panel surya yang digunakan pada pengujian ini adalah jenis Monocrystalline yang dapat menghasilkan 60 Wp. Adapun spesifikasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Panel Yang Diuji

Technical Data		
Peak Power (Pmax)	60	Wp
Production Tolerance	± 3	%
Maximum Power Current (Imp)	3,33	A
Maximum Power Voltage (Vmp)	18	V
Short Circuit Current (Isc)	3,67	A
Open Circuit Voltage (Voc)	21,6	V

Pengambilan data diawali dengan pemasangan panel surya tipe monocrystalline dengan jarak PV 29 cm antara PV dan sumber cahaya. Mengukur temperatur menggunakan Thermometer digital infrared pada 5 titik di ruangan atau temperatur lingkungan, 5 titik di permukaan panel surya, dan 3 titik di bawah panel surya. Pemasangan bohlam LED merk Camus 20 watt dan diarahkan ke permukaan panel surya pada sudut 0° kemudian bohlam dinyalakan tunggu 10 menit, setelah itu mulai untuk mengambil data tegangan dan arus dari panel surya yang muncul pada alat ukur multimeter digital dalam per menit selama 2 jam. Selama pengambilan data perlu juga diadakan pengontrolan tegangan dan arus pada multimeter digital.

Setelah pengambilan data pertama, matikan bohlam dan diamkan panel selama 10 menit. Saat menunggu panel dalam keadaan normal, maka atur sudut panel surya pada sudut 15° dan lakukan hal yang sama seperti diawal kemudian ini juga berlaku untuk variasi sudut 30° dan 90°. Setelah pengambilan data pada 4 variasi sudut maka diganti dengan bohlam merk Hannochs LED 15 watt dan bohlam CFL merk Philips 20 watt menggunakan metode yang sama.

2.1 Rumus yang digunakan

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{in}} \quad (1)$$

$$P_{maks} = V_{oc} I_{sc} FF \text{ dan } P_{in} = GA_{PV} \quad (2)$$

Dimana,

$$P_{maks} = \text{daya keluaran maksimum PV [W]}$$

$$V_{oc} = \text{tegangan sirkuit terbuka [V]}$$

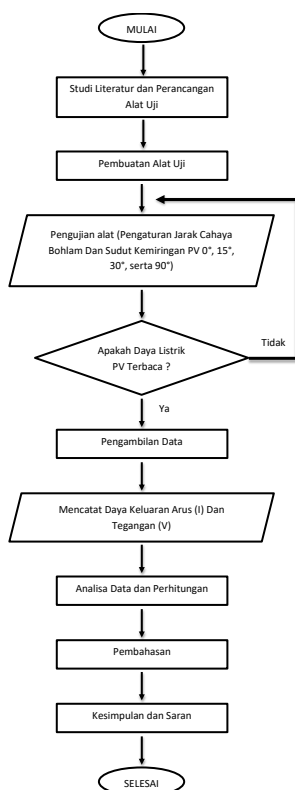
- I_{sc} = arus hubung singkat [A]
- P_{in} = daya dari sumber cahaya [W]
- G = intensitas cahaya [W/m^2]
- A = luas permukaan PV yang mendapatkan cahaya [m^2]

$$FF = \frac{P_{maks}}{I_{sc}V_{sc}} = \frac{I_{mp}V_{mp}}{I_{sc}V_{oc}} \quad (3)$$

Dimana,

- V_{mp} = tegangan pada titik daya maksimum [V]
- I_{mp} = arus pada titik daya maksimum [A]

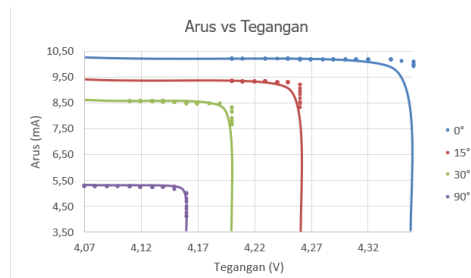
2.2 Diagram Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik I-V Sel Surya

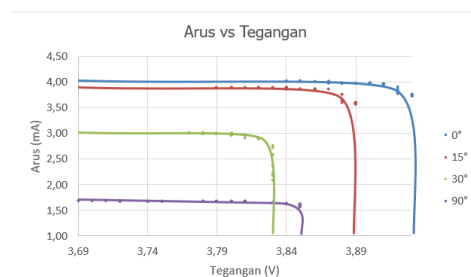
Pada gambar 2. menunjukkan bahwa pada bohlam jenis ini arus dan tegangan maksimum terjadi pada sudut 0° dengan nilai sebesar 10,23 mA dan 4,36 V sedangkan arus dan tegangan maksimum pada sudut 15°, 30° dan 90° nilainya lebih rendah.



Gambar 2. Karakteristik I-V pada bohlam LED Hannochs 15 Watt

Hal ini kemungkinan terjadi karena cahaya yang diterima PV pada sudut 0° mengenai seluruh permukaan panel sehingga hanya sedikit cahaya yang terbuang sedangkan pada sudut 90° penyerapan energi foton sangat minim karena cahaya bohlam lebih banyak yang tidak mengenai permukaan panel, juga ada kemungkinan lain seperti energi termal yang dihasilkan oleh bohlam dapat mempengaruhi PV.

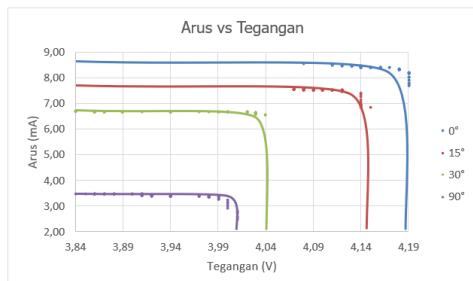
Pada gambar 3. di bawah ini dapat dilihat arus dan tegangan tertinggi terjadi pada sudut 0° yang memiliki nilai 4,04 mA dan 3,93 V sedangkan pada sudut lainnya arus dan tegangan tertinggi terlihat lebih rendah. Hal ini mungkin diakibatkan karena cahaya yang diterima panel surya pada sudut 0° hanya sedikit yang terbuang dibandingkan pada sudut 15°, 30° dan 90°. Pada sudut selain 0° nilai arus dan tegangan rendah kemungkinan juga terjadi karena cahaya tidak mengenai seluruh permukaan panel surya sehingga penyerapan energi foton tidak maksimal, juga ada kemungkinan lain seperti energi termal yang dihasilkan oleh bohlam dapat mempengaruhi PV.



Gambar 3. Karakteristik I-V pada bohlam LED Camus 20 Watt

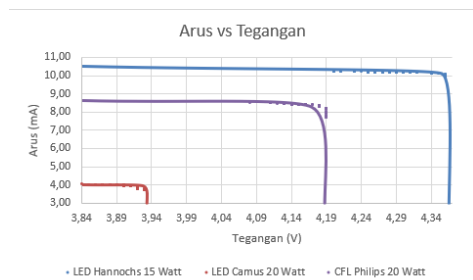
Pada gambar 4. menunjukkan bahwa pada bohlam CFL Philips 20 Watt arus dan tegangan maksimumnya juga terjadi pada sudut 0°. Hal ini kemungkinan dikarenakan karena pada sudut 0° cahaya tepat mengarah ke panel sehingga

cahaya yang diterima mengenai semua permukaan panel surya di mana akhirnya hanya sedikit cahaya yang terbuang dibandingkan pada sudut-sudut lainnya sedangkan pada sudut 15°, 30°, 90° penyerapan energi foton tidak maksimal karena cahaya bohlam lebih banyak yang terbuang, juga ada kemungkinan lain seperti energi termal yang dihasilkan oleh bohlam dapat mempengaruhi PV. Arus dan tegangan maksimum yang dihasilkan panel surya monocrystalline pada sudut 0°, 15°, 30° dan 90° yaitu pada sudut 0° sebesar 8,55 mA dan 4,19 V, pada sudut 15° sebesar 7,57 mA dan 4,15 V, pada sudut 30° sebesar 6,72 mA dan 4,04 V serta pada sudut 90° sebesar 3,48 mA dan 4,01 V. Hal ini didukung oleh penelitian Wahyu dkk., (2019) dengan memperoleh arus sebesar 100 µA dan tegangan 10 mV.



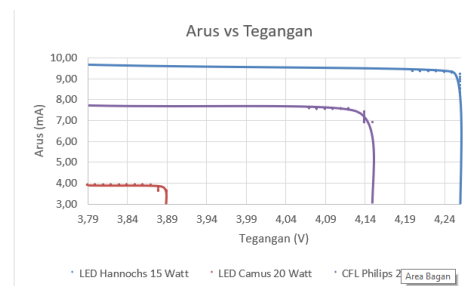
Gambar 4. Karakteristik I-V pada bohlam CFL Philips 20 Watt

Pada gambar 5. dapat kita lihat arus dan tegangan maksimum paling tinggi terjadi pada bohlam LED Hannochs 15 Watt yang kemudian diikuti bohlam CFL Philips 20 Watt dan paling rendah pada bohlam LED Camus 20 Watt. Arus dan tegangan maksimum pada LED 15 Watt yaitu sebesar 10,23 mA dan 4,36 V. Pada bohlam LED 20 Watt diperoleh arus maksimum 4,04 mA dan tegangan maksimum 3,93 V. Pada bohlam CFL 20 Watt tegangan maksimum dan arus maksimum yang dihasilkan panel surya monocrystalline adalah 4,19 V dan 8,55 mA.



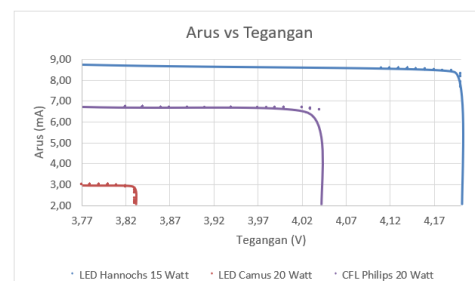
Gambar 5. Karakteristik I-V ketiga jenis bohlam pada sudut 0°

Pada gambar 6. menunjukkan pada sudut 15° bohlam LED Hannochs 15 Watt menghasilkan tegangan maksimum 4,26 V dan arus maksimum 9,36 mA, bohlam LED Camus 20 Watt menghasilkan tegangan maksimum 3,89 V dan arus maksimum 3,90 mA, serta bohlam CFL Philips 20 Watt menghasilkan tegangan maksimum 4,15 V dan arus maksimum 7,57 mA.



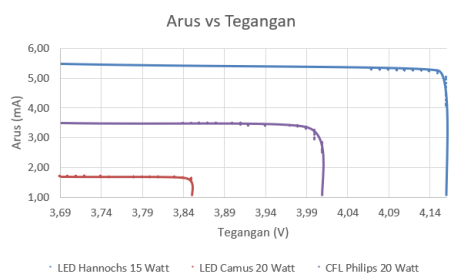
Gambar 6. Karakteristik I-V ketiga jenis bohlam pada sudut 15°

Pada gambar 7. menunjukkan pada sudut 30° bohlam LED Hannochs 15 Watt menghasilkan tegangan maksimum 4,20 V dan arus maksimum 8,57 mA, bohlam LED Camus 20 Watt menghasilkan tegangan maksimum 3,83 V dan arus maksimum 3,01 mA, serta bohlam CFL Philips 20 Watt menghasilkan tegangan maksimum 4,04 V dan arus maksimum 6,72 mA.



Gambar 7. Karakteristik I-V ketiga jenis bohlam pada sudut 30°

Pada gambar 8. menunjukkan pada sudut 90° bohlam LED Hannochs 15 Watt menghasilkan tegangan maksimum 4,16 V dan arus maksimum 5,30 mA, bohlam LED Camus 20 Watt menghasilkan tegangan maksimum 3,85 V dan arus maksimum 1,69 mA, serta bohlam CFL Philips 20 Watt menghasilkan tegangan maksimum 4,01 V dan arus maksimum 3,48 mA.

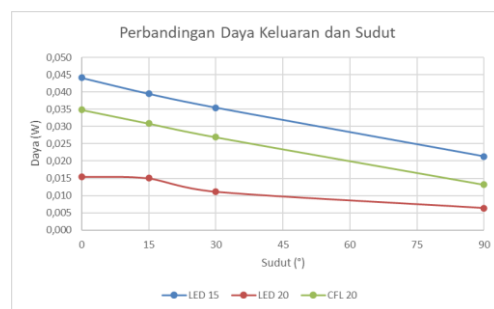


Gambar 8. Karakteristik I-V ketiga jenis bohlam pada sudut 90°

Berdasarkan karakteristik I-V seperti pada gambar 5, gambar 6, gambar 7 dan gambar 8 dapat dilihat bahwa pada sudut 0° bohlam LED Hannyochs 15 Watt menghasilkan arus dan tegangan tertinggi dibandingkan dengan jenis bohlam LED Camus 20 Watt dan CFL 20 Watt. Hal ini dapat terjadi karena intensitas cahaya yang dihasilkan bohlam LED Hannyochs lebih besar dibandingkan 2 jenis bohlam lainnya. Intensitas cahaya bohlam LED Hannyochs 15 Watt adalah 10,3 W/m², LED Camus 20 Watt adalah 3,5 W/m², dan CFL Philips 20 Watt adalah 6,2 W/m². Bohlam LED Camus 20 Watt dan bohlam CFL 20 Watt menghasilkan arus dan tegangan yang lebih rendah kemungkinan juga disebabkan karena perbedaan lumen pada ketiga jenis bohlam yang mana LED Hannyochs 15 Watt memiliki lumen yang lebih tinggi dibandingkan dua jenis bohlam lainnya.

b. Daya Keluaran

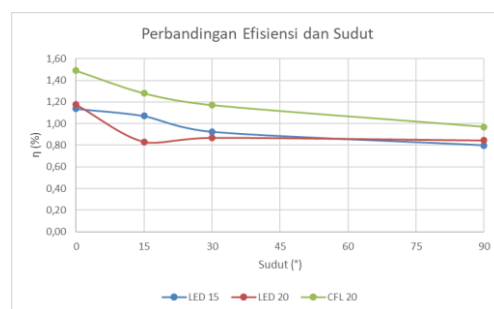
Pada Gambar 9. menggambarkan tentang daya keluaran maksimum yang dihasilkan oleh modul PV, yang mana dapat kita lihat pada bohlam LED 15 Watt dengan sudut elevasi 0° menjadi sudut elevasi dengan daya keluaran maksimum tertinggi. Jika dilihat dari perspektif masing-masing bohlam, sudut 90° menjadi sudut dengan daya keluaran maksimum terendah yang mana kurang efektif dalam menghasilkan daya, hal ini kemungkinan disebabkan oleh luasan cahaya yang mengenai permukaan panel surya monocrystalline lebih banyak terbuang jika dibandingkan dengan cahaya bohlam yang mengenai panel surya monocrystalline pada sudut 0°, 15°, dan 30°.



Gambar 9. Perbandingan Daya Keluaran Maksimum dan Sudut

c. Efisiensi PV

Dari Gambar 10. di bawah, dapat kita lihat bahwa efisiensi tertinggi berada pada sudut elevasi 0° dengan jenis bohlam CFL Philips 20 Watt sebesar 1,49%, sedangkan efisiensi terendah berada pada bohlam LED Hannyochs 15 watt pada sudut elevasi 90° sebesar 0,80%. Secara keseluruhan sudut elevasi 0° menjadi sudut elevasi dengan efisiensi tertinggi pada jenis bohlam LED Hannyochs 15 Watt, LED Camus 20 Watt, dan CFL Philips 20 Watt. Hal ini bisa terjadi karena pada sudut elevasi 0° cahaya bohlam mengarah tepat secara merata pada permukaan panel surya monocrystalline sehingga cahaya bohlam dapat diterima dengan baik dan kemungkinan hanya sedikit cahaya bohlam yang terbuang. Jadi cahaya bohlam yang diterima oleh panel surya monocrystalline lebih optimal Ketika panel menghadap langsung ke arah sumber cahaya.



Gambar 10. Perbandingan Efisiensi PV dan Sudut

4. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan mengenai potensi daya keluaran PV pada variasi bohlam LED Hannyochs 15, LED Camus 20, dan CFL Philips 20 Watt dengan variasi sudut elevasi 0°, 15°, 30° dan 90° yang telah dilakukan, dapat diambil suatu kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Efisiensi fotovoltaiik monocrystalline dipengaruhi oleh sudut elevasi dapat dilihat pada penelitian ini sudut 0° menjadi sudut

dengan efisiensi paling optimal karena sumber energi foton tepat mengarah ke panel surya monocrystalline sehingga hanya sedikit energi foton yang terbuang.

2. Daya keluaran maksimum yang dihasilkan ketiga jenis bohlam yang digunakan, nilai paling tinggi diperoleh pada sudut 0°. Pada bohlam LED Hannochs 15 Watt daya keluaran maksimum yang dihasilkan sebesar 0,44 W, pada bohlam LED Camus 20 Watt sebesar 0,15 W dan pada bohlam CFL Philips 20 Watt sebesar 0,35 W. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa bohlam LED Hannochs memiliki daya keluaran maksimum yang paling tinggi diantara 2 jenis bohlam lainnya.

3. Efisiensi yang dihasilkan pada bohlam LED Hannochs 15 Watt paling tinggi pada sudut 0° sebesar 1,14%, pada LED Camus 20 Watt paling tinggi pada sudut 0° sebesar 1,17% dan pada CFL 20 Watt paling tinggi pada sudut 0° sebesar 1,49%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa efisiensi paling optimal yang dihasilkan panel surya monocrystalline dengan cahaya bohlam sebagai sumber energi foton adalah pada sudut 0°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aish, Q. M. (2015). Temperature Effect on Photovoltaic Modules Power Drop. *Journal Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 11(2), 62–73.
- [2] Ali, S., & Aziz, P. T. . (2019). Penentuan Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya Untuk Wilayah Meulaboh. *Jurnal Mekanika: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 5(1), 21–29. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v5i1.1621>
- [3] Antonov, & Natalinus. (2013). PENGARUH PERUBAHAN TEGANGAN SUMBER TERHADAP KARAKTERISTIK FAKATOR DAYA PADA LAMPU HEMAT ENERGI. 2(1), 33–41.
- [4] Bach, C. (2015). New indoor light source trends and their impact on classical photovoltaic harvester (indoor a-Si solar cells) yield. 1–7.
- [5] Chenni, R., Makhlof, M., Kerbache, T., & Bouzid, A. (2007). A detailed modeling method for photovoltaic cells. *Energy*, 32(9), 1724–1730. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.12.006>
- [6] Hansen, A. D., Sørensen, P., & Hansen, L. H. (2000). Models for a Stand-Alone PV System. In *Journal of Sedimentary Research* (Vol. 1219, Nomor December). <https://doi.org/10.1306/74D71BC2-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- [7] Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Kitektro*, 2(1), 35–42.
- [8] Mujiman. (2012). Unjuk kerja lampu fluorescen balas elektronik dibanding lampu fluorescen balas induktor. In *Jurnal Teknologi* (Vol. 5, Nomor 1, hal. 24–31).
- [9] Mustofa, M. (2019). KARAKTERISASI SPEKTRUM LOW LIGHTS INTENSITY DENGAN HOT DAN COLD MIRROR TIPE TECHSPEC AOI 50.0MM SQUARE PADA HIBRID PHOTOVOLTAIC-THERMOELECTRIC GENERATOR.
- [10] Mustofa, Magga, R., & Arifin, Y. (2015). Desain Hybrid Panel Surya Tipe Monocrystalline Dan. Desain hybrid panel surya tipe monocrystalline dan thermal kolektrol fluida air, 19, 67–74.
- [11] Setiawan, I. N., Giriantari, I. A. D., Ariastina, W. G., & Kumara, I. N. S. (2015). Sel Surya Berbasis Pewarna Alami dan Potensi Pengembangannya di Indonesia sebagai Sumber Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan. August. <https://doi.org/10.31219/osf.io/c8brv>
- [12] Suhardi, D. (2014). PROTOTIPE CONTROLLER LAMPU PENERANGAN LED (LIGHT EMITTING DIODE) INDEPENDENT BERTENAGA SURYA. *Jurna GAMMA*, 10(September), 116–122.
- [13] Syahrul, S. (2006). LED, LIGHT EMITTING DIODE: TEKNOLOGI dan PERKEMBANGANNYA.
- [14] Tamimi, S., Indrasari, W., & Iswanto, B. H. (2016). Optimasi Sudut Kemiringan Panel Surya Pada Prototipe Sistem Penjejak Matahari

Aktif. V, SNF2016-CIP-53-SNF2016-CIP-56.

<https://doi.org/10.21009/03050201>

11

- [15] Zhao, Q., Wang, P., & Goel, L. (2010). Optimal PV panel tilt angle based on solar radiation prediction. 2010 IEEE 11th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, PMAPS 2010, 425–430.
<https://doi.org/10.1109/PMAPS.2010.5528960>