

## Karakteristik Sel Surya Polikristal Pada Sistem Sun Simulator Menggunakan Lampu Halogen Bulm

Soni Prayogi<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

**Diserahkan** : 29-11-2022

**Direvisi** : 05-12-2022

**Diterima** : 09-12-2022

### Kata Kunci:

Sun Simulator, Sel Surya, Halogen Bulm, polikristal.

### Keywords:

*Sun Simulator, Solar Cells, Halogen Bulm, polycrystals.*

### Corresponding Author:

Soni Prayogi

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina

Alamat: Jl. Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta 12220

Email: [soni.prayogi@universitaspertamina.ac.id](mailto:soni.prayogi@universitaspertamina.ac.id)

### ABSTRAK

Pada eksperimen yang kami melaporkan, memberikan informasi tentang seberapa efektif sel surya polikristal mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dapat ditemukan dalam karakteristik tegangan arus perangkat menggunakan sun simulator. Sun simulator yang kami rancang berdimensi (16x16x35) cm<sup>3</sup> menggunakan lampu halogen sebagai pengganti spektrum matahari. Metode eksperimen dari pengukuran kurva karakteristik sel surya polikristal terjadi perubahan karena pengaruh suhu, intensitas pancaran, dan substrat. Karakterisasi sel surya dilakukan dengan mengubah jarak radiasi dan jumlah radiasi yang masuk ke sel surya. Hasil yang diperoleh ditentukan dengan mengukur sifat-sifat sel surya dalam bentuk  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $P_{max}$ ,  $I_{max}$  dan  $V_{max}$  dengan produk yang ditentukan pabrik. Dari hasil yang didapatkan  $V_{oc}$  sebesar 8.59 Volt,  $I_{sc}$  sebesar 0.00539 Ampere dan  $P_{max}$  sebesar 0.0217008-Watt pada Intensitas cahaya 24.6 Watt/m<sup>2</sup>. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan lampu halogen dalam mengganti spektrum cahaya matahari konsisten dengan karakterisasi yang didapatkan.

### ABSTRACT

*In the experiments we report, providing information about how effectively polycrystalline solar cells convert sunlight into electrical energy can be found in the current-voltage characteristics of the device using a sun simulator. Our sun simulator is designed with dimensions (16x16x35) cm<sup>3</sup> using halogen lamps as a substitute for the solar spectrum. The experimental method for measuring the characteristic curves of polycrystalline solar cells changes due to the influence of temperature, radiation intensity, and substrate. Solar cell characterization is done by changing the radiation distance and the amount of radiation entering the solar cell. The conformity of the output results from measuring the solar cell characteristics in the form of  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $P_{max}$ ,  $I_{max}$ , and  $V_{max}$  with the factory specification product obtained. From the results obtained a  $V_{oc}$  of 8.59 Volts, an  $I_{sc}$  of 0.00539 Amperes, and a  $P_{max}$  of 0.0217008 Watt at a light intensity of 24.6 Watt/m<sup>2</sup>. These results indicate that the use of halogen lamps in changing the spectrum of sunlight is consistent with the characterization obtained.*

## PENDAHULUAN

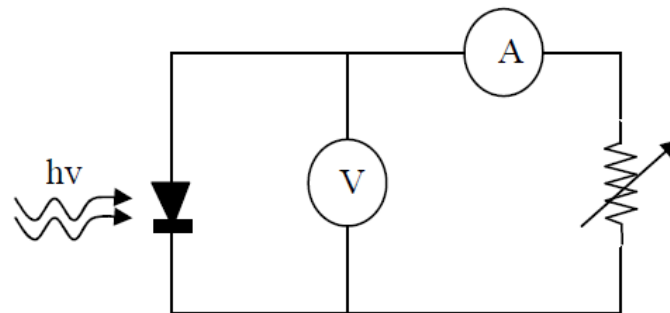
Elektronik yang disebut sel surya dapat mengubah energi radiasi matahari secara langsung menjadi energi listrik (Bhatia 2014). Selama matahari menyinari bumi, sel surya adalah sumber energi yang tak ada habisnya (Ghosh and Prelas 2011). Karena aplikasinya yang luas, sel surya diperkirakan akan menjadi pembangkit listrik yang dapat diandalkan di masa depan, terutama untuk mengalirkan listrik ke lokasi terpencil yang sulit diakses oleh PLN. Selain itu, karena tidak ada polutan yang tercipta selama proses konversi, sumber energi ini bermanfaat bagi lingkungan (Hertadi, Sulaiman, and Anwar 2022). Lampu yang digunakan adalah lampu Halogen Bulm. Dipilihnya lampu Halogen Bulm karena spektrum cahayanya yang hampir mendekati spektrum cahaya matahari.

Sel surya adalah suatu elemen aktif yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, dengan prinsip yang disebut efek photovoltaic. Sel surya terbuat dari keping (wafer) bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif, sama dengan dioda hanya permukaannya dibuat luas supaya bisa menangkap cahaya matahari sebanyak mungkin. Apabila cahaya jatuh pada permukaan sel surya maka akan timbul perbedaan tegangan. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar sel surya dapat dihubungkan seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya. Sel surya biasanya setebal 0,3 mm dan dibentuk dari bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. (Rhodes 2010). Efek fotovoltaiik adalah prinsip dasar di balik pembangunan panel surya (Jeon, Kim, and Shin 2014). Energi kinetik foton menyebabkan atom logam pecah ketika dikenai cahaya dengan frekuensi tertentu dalam bentuk foton (Khan et al. 2019). Atom berenergi terarah akan melewati pasangan elektron-elektron yang disebut juga dengan elektron bebas. Berkas elektron ini akan menyebabkan arus bertambah besaran (Messel and Butler 1975). Pada saat semikonduktor yang terbuat dari bahan tipe-p dihubungkan ke bahan tipe-n, elektron berdifusi dari tipe-n ke tipe-p dan lubang berdifusi dari tipe-p ke tipe-n (Prayogi 2022). Oleh karena itu akan menghasilkan lebih banyak daerah negatif untuk jenis sambungan-p dan lebih banyak daerah positif untuk jenis sambungan n (Malik et al. 2006). Adanya difusi ini mengakibatkan munculnya medan magnet dan terbentuklah arus *drift* (Vorster and Moraal 2014).

Fungsi sel surya dapat dipahami dengan mengamati daya keluaran yang dihasilkannya. Bahan yang digunakan untuk memproduksi sel surya, ketahanan panasnya, serta ambang batas suhu dan radiasi matahari, semuanya berdampak pada seberapa efektif kinerjanya (Tiyas and Widartono 2020). Pengukuran arus dan tegangan (I-V) sel surya, variasi jarak radiasi dan jumlah radiasi yang masuk ke sel surya, serta karakterisasinya, semuanya masih dipelajari. Kesepakatan hasil pengukuran karakteristik sel surya diperoleh Sel surya berupa  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $P_{max}$ ,  $I_{max}$  dan  $V_{max}$  dengan produk spesifikasi pabrik. Sistem dan metode pengukuran karakteristik sel surya diperlukan dalam kegiatan penelitian yang terkait dengan pengembangan sel surya untuk menetapkan parameter karakteristik sel surya berdasarkan data pengukuran yang diperoleh (Prayogi, Cahyono, and Darminto 2022). Penelitian ini mengembangkan sistem untuk mengukur sifat sel surya dan metode untuk menentukan sifat sel surya dalam kondisi iradiasi.

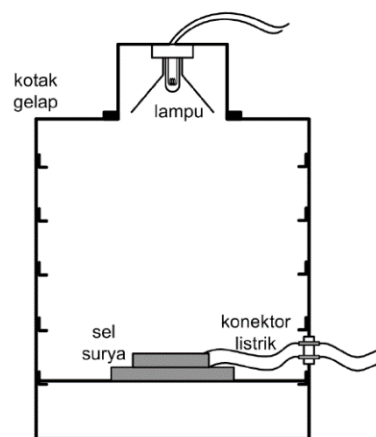
## METODE PENELITIAN

Simulator surya menggunakan lampu halogen dapat digunakan untuk mendapatkan karakteristik sel surya I-V untuk mereplikasi cahaya yang mengenai permukaan modul dan menentukan efisiensi maksimum modul. Lampu halogen ampul Halogen LED COB 7W E27 MR16 Putih ditempatkan di dalam reflektor kotak Z1000R 71-0083, dimana setiap sisi kotak adalah cermin. Mode reflektor ini mengurangi jumlah cahaya yang keluar sehingga cahaya tidak hilang dan mengenai modul surya (Irvine 2007). Modul surya disinari cahaya dengan tepat secara terus-menerus untuk penerangan halogen dan terletak di dasar kotak reflektor. Eksperimen menggunakan alat pengukur elektronik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, adalah metode yang digunakan dalam penyelidikan ini.



**Gambar 1. Rangkaian pengukur karakteristik pada saat disinari**

Sistem perangkat sederhana yang dikembangkan untuk mengukur Sifat IV sel surya di bawah kondisi iradiasi dan non-iradiasi. Gambar 2 menggambarkan rancangan sistem pengukuran parameter sel surya yang dibuat dan digunakan. Sistem pengukuran ini terbuat dari bahan aluminium dengan dimensi  $(16 \times 16 \times 35) \text{ cm}^3$  dan terhubung ke sirkuit elektronik. Sebuah lampu ditempatkan di bagian atas untuk mengukur sifat I-V di bawah kondisi iradiasi.

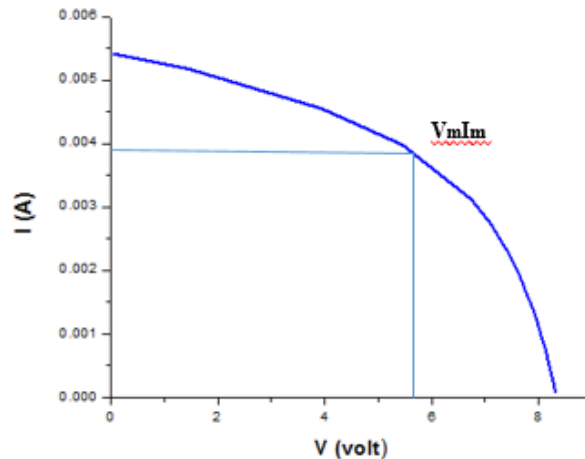


**Gambar 2. Rancangan sistem pengukur karakteristik sel surya**

Spektrum dari lampu halogen hasil penyinaran langsung pada panel surya polikristal diperoleh data berupa kuat arus listrik dan tegangan listrik yang akan di analisis dalam bentuk kurva I-V untuk mendapatkan informasi dari kinerja atau efisiensi sel surya polikristal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

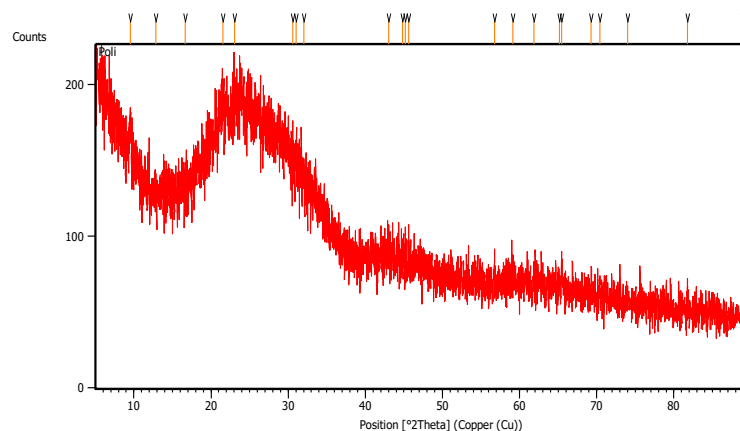
Berdasarkan hasil pengukuran, kurva Karakteristik I-V sel surya yang diiradiasi ditunjukkan pada Gambar 3. Didapatkan hasil berupa arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan tegangan hubung terbuka ( $V_{oc}$ ) adalah 0.00539 amp dan 8.59 volt.  $V_m$  dan  $I_m$  adalah tegangan dan arus pada titik operasi optimal. Nilai  $V_m I_m$  dihasilkan dari besarnya nilai luasan pada kurva I-V seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Diperoleh hasil nilai  $V_m I_m$  sebesar 0.0217008 Watt, indikator fill factor ( $FF$ ) dan efisiensi kinerja sel surya ( $\eta$ ).



**Gambar 3. Grafik I-V dalam keadaan penyinaran yang merupakan karakteristik sel surya.**

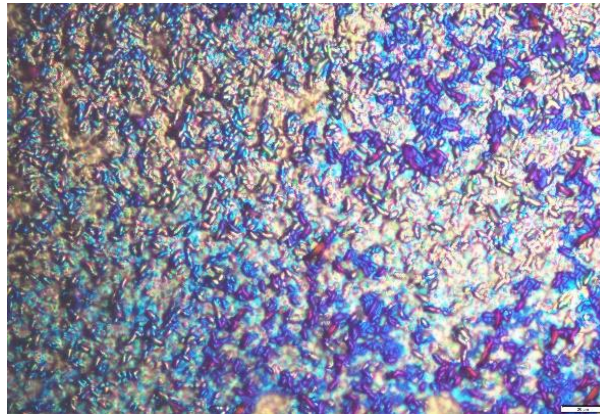
Nilai fill factor ( $FF$ ) dihasilkan dari perbandingan daya maksimum ( $V_m I_m$ ) terhadap ( $I_{sc} V_{oc}$ ) didapatkan nilai 0.4686, dan nilai efisiensi kinerja sel surya 12.25%. Berdasarkan penelitian silikon amorf, efisiensi sel surya yang dihasilkan dianggap praktis untuk sel surya berbasis silikon polikristalin (Prayogi et al. 2021), efisiensi terukur bervariasi antara (12-13.6) %.

Setelah dibuat grafik hubungan antara  $I$  dan  $V$  dapat diperoleh nilai  $V_{max}$  dan  $I_{max}$  yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai efisiensinya. Factor utama yang memengaruhi nilai dari efisiensi panel surya ini adalah intensitas matahari karena ketika intensitas rendah akan menghasilkan efisiensi yang tinggi dan ketika intensitas tinggi akan menghasilkan efisiensi yang rendah.



**Gambar 4. Hasil pengukuran kristalinitas material sel surya polikristal menggunakan XRD**

Dari hasil uji XRD diketahui bahwa material penyusun panel surya ini adalah monokristalin, hal ini terbukti dari peak yang terbentuk hanya satu karena ciri dari monokristalin adalah ketika dilakukan uji XRD peak yang terbentuk hanya satu atau lebih namun masih dalam satu golongan. Material penyusunnya adalah silikon tanpa impuritas sehingga termasuk semikonduktor ekstrinsik dengan peak (4 0 0). Untuk hasil pengujian Optical Microscopy terlihat jelas kristal-kristal penyusun panel surya ini berupa kristal tunggal yang tersusun secara rapi dan sangat teratur.



**Gambar 5. Hasil pengukuran struktur sel surya polikristal menggunakan Optical Microscopy**

Faktor lain yang juga memengaruhi adalah suhu, kelembaban udara, dan tekanan udara disekitar sun simulator saat pengambilan data (Dhass, Prakash, and Ramya 2020). Kelembaban dan suhu udara saling berbanding terbalik. Namun, ketika suhu udara meningkat nilai intensitas meningkat, begitu juga sebaliknya (Ahuja and Tatsutani 2009). Untuk luas permukaan panel memengaruhi arus yang dihasilkan. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya (Hamdani et al. 2022). Kendala dari penelitian ini berupa cuaca yang kurang stabil menyebabkan terhambatnya proses pengambilan data karena ketika intensitas matahari tidak stabil, tidak akan menghasilkan data yang baik sehingga harus menunggu dan menyesuaikan untuk memperoleh data yang bagus.

Temuan ini menunjukkan, secara tidak langsung, bahwa sistem yang dibuat dan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat khas sel surya cukup baik dan berpotensi untuk digunakan sebagai sistem pengukuran dalam proyek praktis dan penelitian yang melibatkan karakterisasi sel surya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Secara ringkas, sistem instrumentasi sederhana dan murah yang dikembangkan sendiri digunakan untuk mengukur karakterisasi dari sel surya berdasarkan kurva I-V. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai  $I_{SC} = 0,00539$  ampere,  $V_{OC} = 8,59$  volt,  $FF = 0,686$  dan  $\eta = 12,25\%$  disediakan sebagai ciri khas sel surya yang terbuat dari silikon polikristalin yang mengalami iradiasi. Parameter karakteristik sel surya silikon polikristalin cukup dekat dengan nilai ini. Kami meyakini bahwa, perancangan dari sun simulator yang menggunakan lampu halogen dapat diaplikasikan dalam mengkarakterisasi sel surya dengan mendapatkan hasil yang konsisten seperti penyinaran matahari secara langsung.

### Saran

Menggunakan sensor arus dan voltase sensor, pengukuran voltase dan arus selanjutnya dilakukan secara otomatis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pertamina atas dukungan dan fasilitasnya.

## REFERENSI

Ahuja, Dilip, and Marika Tatsutani. 2009. "Sustainable energy for developing countries." *S.A.P.I.E.N.S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society* (2.1). <https://journals.openedition.org/sapiens/823> (November 16, 2022).



- Bhatia, S. C. 2014. "3 - Solar Devices." In *Advanced Renewable Energy Systems*, ed. S. C. Bhatia. Woodhead Publishing India, 68–93. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782422693500036> (November 29, 2022).
- Dhass, A. D., Y. Prakash, and K. C. Ramya. 2020. "Effect of Temperature on Internal Parameters of Solar Cell." *Materials Today: Proceedings* 33: 732–35.
- Ghosh, Tushar K., and Mark A. Prelas. 2011. "Solar Energy." In *Energy Resources and Systems: Volume 2: Renewable Resources*, eds. Tushar K. Ghosh and Mark A. Prelas. Dordrecht: Springer Netherlands, 79–156. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1402-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1402-1_2) (November 29, 2022).
- Hamdani, Dadan et al. 2022. "The Influences of the Front Work Function and Intrinsic Bilayer (I1, I2) on p-i-n Based Amorphous Silicon Solar Cell's Performances: A Numerical Study." *Cogent Engineering* 9(1): 2110726.
- Hertadi, Christopher Davito Prabandewa, Mochamad Sulaiman, and Putri Gesan Prabawa Anwar. 2022. "Kajian Industri Energi Terbarukan Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan Arah Kebijakan dan Potensi Alam." *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan* 6(2): 276–83.
- Irvine, Stuart. 2007. "Solar Cells and Photovoltaics." In *Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials*, Springer Handbooks, eds. Safa Kasap and Peter Capper. Boston, MA: Springer US, 1095–1106. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-29185-7\\_46](https://doi.org/10.1007/978-0-387-29185-7_46) (November 16, 2022).
- Jeon, Yu-Jae, Do-Seok Kim, and Young-Eui Shin. 2014. "Study of Characteristics of Solar Cells through Thermal Shock and High-Temperature and High-Humidity Testing." *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 15(2): 355–60.
- Khan, N. et al. 2019. "Energy Transition from Molecules to Atoms and Photons." *Engineering Science and Technology, an International Journal* 22(1): 185–214.
- Malik, A. Q. et al. 2006. "Characterisation of Multicrystalline Solar Cells." *ASEAN Journal on Science and Technology for Development* 23(1–2): 97–106.
- Messel, H., and S. T. Butler, eds. 1975. "Sunlight and Electrons." In *Solar Energy*, Pergamon International Library of Science, Technology, Engineering and Social Studies, Pergamon, 277–92. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080198170500276> (November 29, 2022).
- Prayogi, Soni et al. 2021. "The Effect of Adding an Active Layer to the Structure of A-Si: H Solar Cells on the Efficiency Using RF-PECVD." *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 32(6): 7609–18.
- Prayogi. 2022. "Studi Struktur Elektronik Sel Surya a-Si: H Lapisan Jamak Menggunakan Spektroskopi Elipsometri." doctoral. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. <https://repository.its.ac.id/94763/> (November 29, 2022).
- Prayogi, Soni, Yoyok Cahyono, and D. Darminto. 2022. "Electronic Structure Analysis of A-Si: H p-I1-I2-n Solar Cells Using Ellipsometry Spectroscopy." *Optical and Quantum Electronics* 54(11): 732.
- Rhodes, Christopher J. 2010. "Solar Energy: Principles and Possibilities." *Science Progress* 93(1): 37–112.
- Tiyas, Puteri Kusumaning, and Mahendra Widyartono. 2020. "Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya." 09: 6.
- Vorster, Michael J., and Harm Moraal. 2014. "The Effect Of Drift On The Evolution Of The Electron/Positron Spectra In An Axisymmetric Pulsar Wind Nebula." *The Astrophysical Journal* 788(2): 132.