



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Investigasi Efek *Partial Shading* Terhadap Daya Keluaran Sel Surya

Bandiyah Sri Aprillia¹, Muhammad Rafiqy Zulfahmi² dan Achmad Rizal³

¹Telkom University, email: bandiyah@telkomuniversity.ac.id

²Telkom University, email: rafiqyzulfahmi@gmail.com

³Telkom University, email: achmadrizal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Energi listrik pembangkit tenaga surya yang terhubung ke jaringan terpadu bergantung pada intensitas radiasi matahari. Namun, pada beberapa area pembangkit tenaga surya masih terdapat pohon dan gedung disekitarnya yang dapat menutupi sebagian area permukaan panel surya (partial shading). Penelitian ini bertujuan untuk investigasi efek dari variabilitas radiasi matahari akibat partial shading terhadap daya keluaran sel surya 1 Wp. Berdasarkan hasil observasi pada pengujian pukul 10.00 – 14.00, tegangan terbuka dan arus hubung singkat pada sel surya mengalami penurunan seiring kenaikan intensitas partial shading. Semakin besar partial shading pada sel surya maka daya keluaran yang dihasilkan semakin rendah. Efek setengah partial shading dari total area sel surya mengakibatkan penurunan daya sebesar 88.2%. Seperempat shading mengakibatkan penurunan daya keluaran sel surya sebesar 75.6% dibandingkan daya pada kondisi normal. Selain itu Kenaikan suhu sel surya mengakibatkan penurunan tegangan terbuka yang cukup berarti.

Kata kunci: Daya keluaran, Sel surya, Partial shading

Abstract

The electrical energy of solar power plants which integrated to the networks depends on the intensity of solar radiation. However, some solar power plant areas there are still present trees and buildings around it that can partially cover the surface area of the solar panel (partial shading). This study aims to investigate the effects of solar radiation variability due to several partial shading condition on the 1 Wp solar cell output power. Based on observations at 10:00 to 14:00, the open circuit voltage and short circuit current in solar cells decreases with increasing intensity of partial shading. The greater the partial shading of the solar cell, the lower the power output will be. The half partial shading effect of the total solar cell area resulted in a power reduction of 88.2%. A quarter of shading causes a decrease in the output power of solar cells by 75.6% compared to the power output under normal conditions. In addition, the increase in temperature of solar cells resulted in a significant decrease in the open circuit voltage.

Keywords: ouput power, solar cell, partial shading

1. Pendahuluan

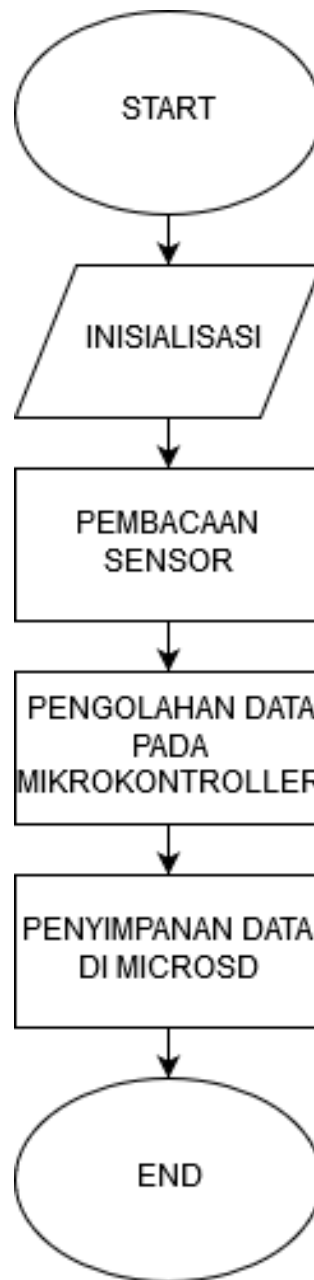
Meningkatnya permintaan energi global adalah salah satu tantangan terbesar yang dialami oleh masyarakat modern saat ini. Untuk memenuhi permintaan ini, hampir 80% dari konsumsi energi kita, berasal dari bahan bakar fosil (bensin, batu bara, dan gas alam). Namun, sumber energi ini tidak terbarukan. Aspek yang paling berbahaya terkait penggunaannya adalah pembakarannya menghasilkan polusi udara dan berkontribusi terhadap peningkatan suhu global [1, 2].

Energi terbarukan digunakan sebagai mode alternatif pembangkit tenaga listrik. Diantara pilihan energi terbarukan, energi surya semakin hari semakin populer untuk sifatnya yang banyak tersedia dan tidak ada habis-habisnya [3, 4]. Pada tahun 2016, telah dipasang pembangkit tenaga surya berkapasitas 75 GW di seluruh dunia, yang merupakan peningkatan sebesar 50% dari pada tahun 2015 [5, 6]. Peningkatan integrasi pembangkit tenaga surya secara berarti mempromosikan popularitas penelitian sistem pembangkit tenaga surya di dunia penelitian energi terbarukan. Selain itu, panel surya dapat mengkonversi secara langsung energi radiasi matahari menjadi energi listrik yang dapat diintegrasikan secara on-grid maupun off grid [7-9].

Dalam sistem pembangkit tenaga surya, beberapa panel surya dihubungkan secara seri untuk mencapai tegangan dan output daya yang diperlukan. Tenaga yang lebih tinggi biasanya dihasilkan dari rangkaian paralel panel surya [10, 11]. Secara umum, lebih dari 1000 panel surya digunakan dalam sistem pembangkit tenaga surya skala megawatt. Rangkaian panel surya ini tidak hanya dapat dihubungkan secara seri yang mampu menghasilkan tegangan keluaran sangat tinggi namun tidak layak untuk terhubung ke inverter dan untuk keperluan penyimpanan energi. Biasanya, beberapa string panel surya dibentuk dengan menghubungkan beberapa panel surya secara seri. String panel surya ini kemudian dihubungkan secara paralel untuk membentuk array panel surya di sistem pembangkit tenaga surya skala megawatt. Karakteristik daya luaran dari sistem pembangkit tenaga surya dalam string/ array perlu ditelaah lebih lanjut untuk memanen energi surya dengan daya keluaran maksimum.

Daya yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga surya yang terhubung ke jaringan besar sangat bergantung pada radiasi matahari. Permasalahan *partial shading* secara umum diakibatkan oleh adanya bayangan pohon dan gedung yang menutupi permukaan *array* panel surya. Tertutupnya sebagian permukaan panel surya ini mengakibatkan penurunan daya keluaran yang cukup berarti. Semakin banyak area yang terhalang (*partial shading*) dari paparan matahari langsung maka daya keluaran panel surya semakin berkurang [12-14]. Namun, beberapa penelitian mengungkapkan bahwa ketika intensitas *partial shading* semakin tinggi dan mencapai titik kritis tertentu, daya keluaran panel surya akan konstan [12, 15]. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk investigasi efek dari variabilitas radiasi matahari akibat *partial shading* terhadap daya keluaran sel surya 100 Wp. Investigasi daya keluaran dilakukan dalam tiga skenario *shading* yakni, dalam kondisi normal (tidak dalam *partial shading*) dan kondisi 25% serta 50% dari total luas area sel surya tertutup (dalam kondisi *partial shading*) dibawah intensitas matahari langsung. Berbeda dari desain penelitian sebelumnya untuk skala modul dan panel surya, efek *shading* diamati dengan mematikan setengah dan seperempat sumber cahaya buatan skala lab dalam pengamatan daya keluaran panel surya [16, 17].

2. Bahan dan Metode



Gambar 1. Diagram alir sistem

Perangkat lunak pada sistem ini memiliki diagram alir seperti pada gambar 1. Sistem yang dibuat adalah sistem pengukuran tegangan, arus dan suhu pada sel surya. Ketika sistem menyala maka akan dilakukan inisialisasi pada variabel-variabel yang akan diukur. Kemudian sensor-sensor akan membaca variabel-variabel yang akan diukur. Data dari sensor-sensor kemudian diolah pada mikrokontroler lalu disimpan didalam microSD

2.1.1 Spesifikasi Komponen

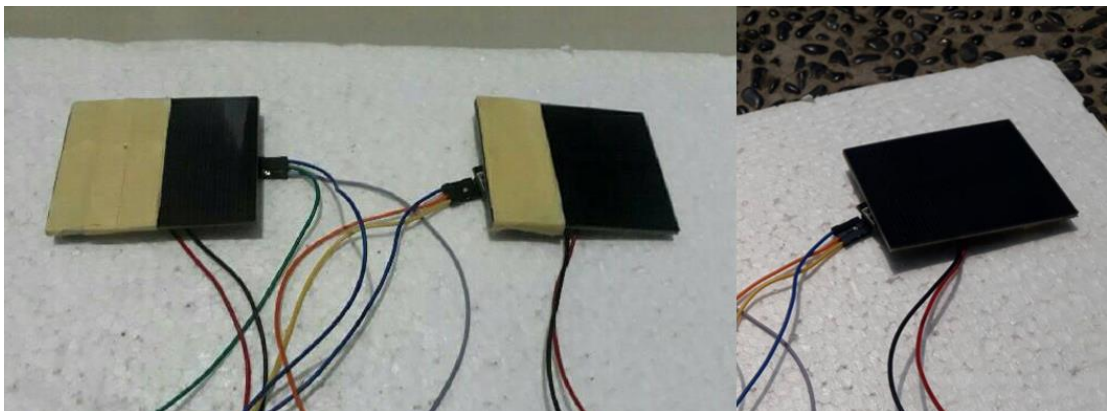
Berikut spesifikasi komponen yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 1. Spesifikasi Komponen.

Panel Surya	Daya Maksimum	: 100W
	Open-Circuit Voltage (Voc)	: 22.5V
	Short-Circuit Current (Isc)	: 5.91 A
Mikrokontroler	Tegangan Operasi	: 5V
	I/O	: 14 pin Digital dan 6 pin Analog
	Arus	: 50mA
	Flash Memory	: 32 Kb
	EEPROM	: 1 Kb
	Kecepatan Clock	: 16 Hz
Sensor Tegangan	Tegangan Maksimum	: 25 V (dengan akurasi 0.025V)
Sensor Arus	Arus Maksimum	: 30 A (dengan akurasi 0.06 A)
Sensor Suhu	Rentang Pengukuran	: -55 °C – 125 °C

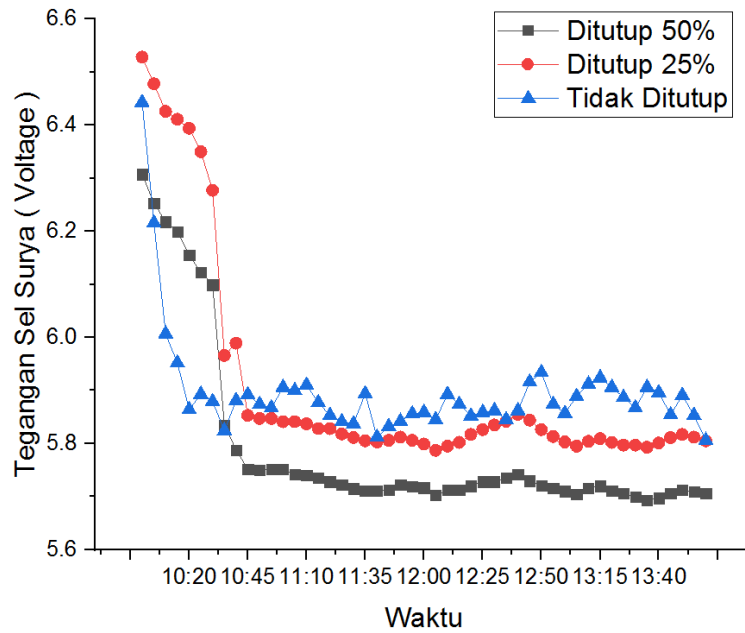
3. Hasil dan Diskusi

Pengujian efek partial shading dilakukan menggunakan 3 sel surya yang sama. Sel surya pertama dalam kondisi normal, akan tetapi pada salah sel surya kedua dan ketiga ditutup 50% dan 25% dari luas permukaannya seperti yang disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Desain Sistem pengujian.

Pada gambar 3 diamati tegangan terbuka sel surya dalam tiga kondisi seperti yang telah dirancang pada gambar 2.



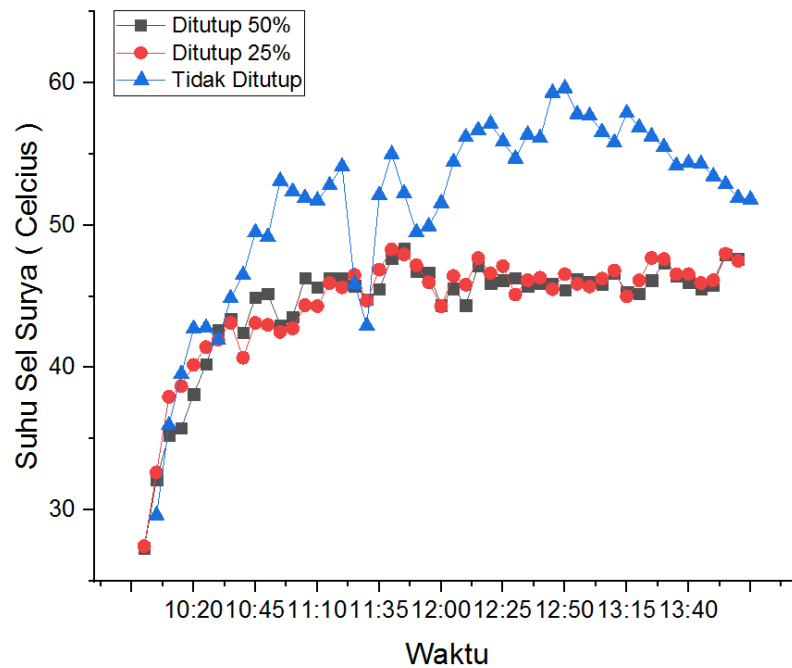
Gambar 3. Tegangan terbuka Sel Surya di bawah kondisi normal dan *Partial Shading*.

Pada Gambar 2, tegangan terbuka tiga sel surya tersebut berkisar antara 5.6 – 6.5 Volt, tegangan keluaran tersebut tidak jauh dari tegangan spesifikasi sel surya yaitu 6 Volt. Tegangan terbuka rata-rata pada pengujian pukul 10.00 – 14.00 diperoleh sebesar 5.89 V ± 0.10 V untuk kondisi normal, 5.91 V ± 0.21 V untuk kondisi *shading* 25% dan 5.79 V ± 0.17 V untuk kondisi *shading* 50%. Dapat disimpulkan bahwa tegangan terbuka menurun seiring dengan peningkatan intensitas *partial shading* pada pukul 10.00 – 14.00. Akan tetapi, tegangan pada kondisi normal pada pukul 10.00 – 10.45 lebih rendah dari pada tegangan 25% dan 50% di bawah *partial shading*.

Gambar 4 menunjukkan suhu sel surya pada saat pengujian dalam kondisi sistem seperti gambar 2. Pengamatan suhu sel surya bertujuan untuk mengetahui hubungan tegangan terbuka terhadap suhu seperti persamaan (1).

$$V_{oc} = \frac{E_A}{q} - \frac{nkT}{q} \ln \left(\frac{J_{00}}{J_L} \right) \tag{1}$$

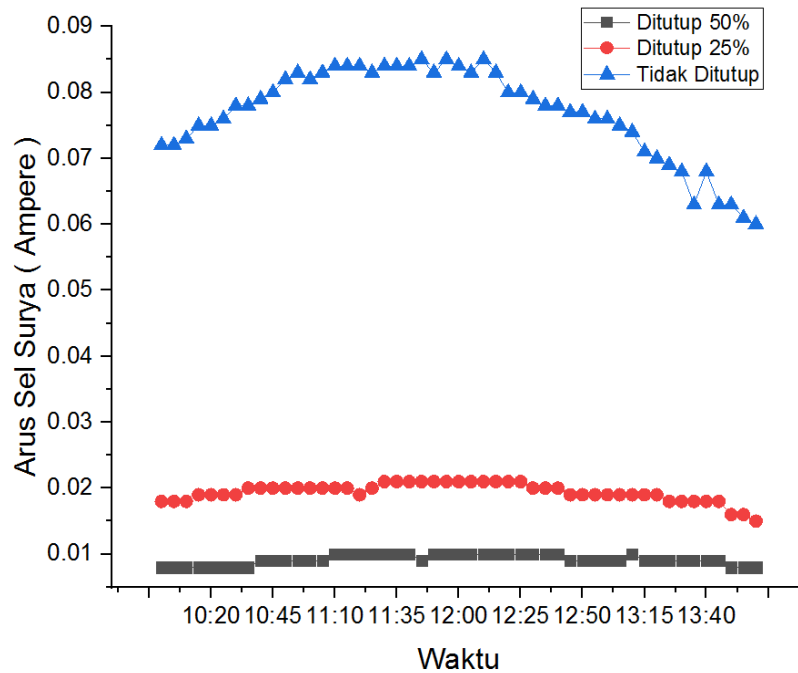
dimana V_{oc} adalah tegangan terbuka, k merupakan konstanta Boltzmann, q adalah muatan elektron, n adalah faktor idealitas dioda, E_A adalah energi aktivasi dan J_L dan J_{00} masing-masing merupakan kerapatan arus yang dihasilkan dan faktor kerapatan saturasi arus, secara berurutan.



Gambar 4. Suhu Sel Surya di bawah kondisi normal dan *Partial Shading*.

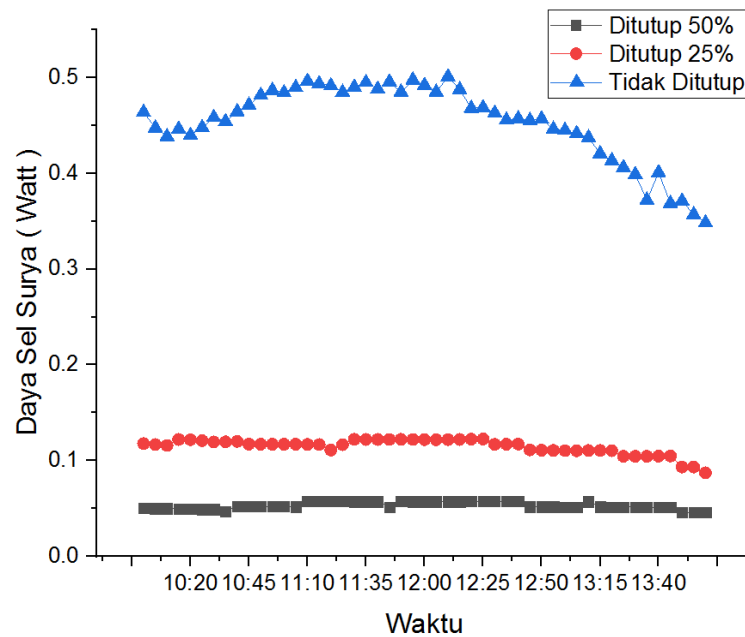
Pada gambar 4 dapat diamati bahwa suhu sel surya pada kondisi normal jauh lebih tinggi dari pada suhu kondisi *partial shading* 25% dan 50%. Suhu rata-rata pada pengujian pukul 10.00 – 14.00 didapatkan mencapai $51.67\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6.24\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada keadaan normal, $44.54\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.89\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada *shading* 25% dan $44.39\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4.10\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada *shading* 50%. Suhu yang lebih tinggi pada sel surya kondisi normal dikarenakan lebih banyak nya permukaan yang menerima radiasi matahari.

Berdasarkan persamaan (1) tingginya suhu sel surya akan mengakibatkan penurunan tegangan terbuka yang sangat berarti. Permasalahan ini dapat diamati pada gambar 4 tepat pukul 10.00 - 10.45 sel surya kondisi normal memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dalam kondisi *shading*. Oleh karena itu, tegangan terbuka pada gambar 3 diwaktu yang sama untuk kondisi sel surya normal lebih rendah dibandingkan kondisi *shading*.



Gambar 5. Arus Hubung singkat Sel Surya di bawah kondisi normal dan *Partial Shading*.

Pada gambar 5 disajikan data pengamatan arus hubung singkat pada pukul 10.00 – 14.00. Rata-rata arus yang telah diperoleh saat pengujian sebesar $0.08 \text{ A} \pm 0.007 \text{ A}$ untuk keadaan normal, $0.02 \text{ A} \pm 0.001 \text{ A}$ untuk *shading* 25% dan $0.01 \text{ A} \pm 0.001 \text{ A}$ untuk *shading* 50%. Gambar 5 mengindikasikan bahwa semakin lebar area sel surya yang terpapar radiasi matahari maka akan semakin tinggi arus listrik yang diperoleh. Penurunan arus terbesar terjadi pada arus sel surya yang hanya berkisar $0.008 \text{ A} - 0.01 \text{ A}$ pada sel surya yang ditutup 50%, dan 0.015 A sampai 0.021 A pada sel surya yang ditutup 25%, sangat jauh dari spesifikasi keluaran arus sel surya yaitu 0.1 A .



Gambar 6. Daya Sel Surya Pada Pengujian kondisi normal dan *Partial Shading*

Untuk mengetahui kemampuan sel surya dalam mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik tiap perubahan waktu maka dilakukan pengukuran daya keluaran seperti pada gambar 6. Berdasarkan gambar 6 dapat diamati bahwa daya keluaran dari kedua sel surya keadaan *shading* sangatlah kecil. Pada sel surya yang ditutup 50%, daya keluaran sel surya hanya berkisar antara 0.045 Watt – 0.057 Watt, sekitar 10% dari daya maksimum yang bisa dihasilkan sel surya tersebut yaitu 0.5 Watt. Pada sel surya yang ditutup 25%, daya sel surya hanya berkisar antara 0.087 Watt – 0.122 Watt, hanya sekitar 20% dari daya maksimum sel surya tersebut. Pada kondisi normal daya keluaran sel surya mencapai 0.45 Watt, hanya berbeda 0.05 Watt dari daya maksimum sel surya berdasarkan spesifikasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil observasi, Tegangan terbuka dan arus hubung singkat pada sel surya mengalami penurunan seiring kenaikan intensitas *partial shading*. Semakin besar *partial shading* pada sel surya maka daya keluaran yang dihasilkan semakin rendah. Efek setengah *partial shading* dari total area sel surya mengakibatkan penurunan daya sebesar 88.2%. Seperempat *shading* mengakibatkan penurunan daya keluaran sel surya sebesar 75.6% dibandingkan daya pada kondisi normal. Selain itu Kenaikan suhu sel surya mengakibatkan penurunan tegangan terbuka yang cukup berarti.

Daftar Pustaka

- [1] Nicoletti, G., et al., A technical and environmental comparison between hydrogen and some fossil fuels. *Energy Conversion and Management*, 2015. **89**: p. 205-213.
- [2] Sugiyono, A., Prospek Penggunaan Teknologi Bersih untuk pembangkit listrik dengan bahan bakar batubara di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2011. **1**(1).
- [3] Titri, S., et al., A new MPPT controller based on the Ant colony optimization algorithm for Photovoltaic systems under partial shading conditions. *Applied Soft Computing*, 2017. **58**: p. 465-479.

- [4] Ozoegwu, C., C. Mgbemene, and P.A. Ozor, The status of solar energy integration and policy in Nigeria. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2017. **70**: p. 457-471.
- [5] Cucchiella, F., I. D'Adamo, and M. Gastaldi, Economic analysis of a photovoltaic system: A resource for residential households. *Energies*, 2017. **10**(6): p. 814.
- [6] Rosa, C., et al., Development of a computational tool for measuring organizational competitiveness in the photovoltaic power plants. *Energies*, 2018. **11**(4): p. 867.
- [7] Aprillia, B.S., D.K. Silalahi, and M.A.F. Rigoursyah, Desain Sistem On-Grid Energi Terbarukan Skala Rumah Tangga Menggunakan Perangkat Lunak HOMER. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 2019. **1**(3): p. 174-180.
- [8] Nurfaidah, Y., et al. Analysis of smart house power savings with on-grid photovoltaic power system. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. IOP Publishing.
- [9] Hakim, M.F., Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. *DINAMIKA DOTCOM*, 2017. **8**(1).
- [10] Wang, Y., Y. Li, and X. Ruan, High-accuracy and fast-speed MPPT methods for PV string under partially shaded conditions. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2015. **63**(1): p. 235-245.
- [11] Liu, Y.-C., et al., High-efficiency isolated photovoltaic microinverter using wide-band gap switches for standalone and grid-tied applications. *Energies*, 2018. **11**(3): p. 569.
- [12] Patel, H. and V. Agarwal, MATLAB-based modeling to study the effects of partial shading on PV array characteristics. *IEEE transactions on energy conversion*, 2008. **23**(1): p.302-310.
- [13] Bingöl, O. and B. Özkaya, Analysis and comparison of different PV array configurations under partial shading conditions. *Solar Energy*, 2018. **160**: p. 336-343.
- [14] Bana, S. and R. Saini, Experimental investigation on power output of different photovoltaic array configurations under uniform and partial shading scenarios. *Energy*, 2017. **127**: p. 438-453.
- [15] Silvestre, S., A. Boronat, and A. Chouder, Study of bypass diodes configuration on PV modules. *Applied Energy*, 2009. **86**(9): p. 1632-1640.
- [16] Al Mamun, M.A., M. Hasanuzzaman, and J. Selvaraj, Experimental investigation of the effect of partial shading on photovoltaic performance. *IET Renewable Power Generation*, 2017. **11**(7): p. 912-921.
- [17] Sameullah, M. and A. Swarup, MPPT Schemes for PV System under Normal and Partial Shading Condition: A Review. *International Journal of Renewable Energy Development*, 2016. **5**(2).