

**Jurnal Politeknik Caltex Riau**<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer/>

| e- ISSN : 2460-5263 (Online) | p- ISSN : 2443-4167 (Print) |

Efisiensi dari *Solar panel* terhadap Efek *Partial shading* di Wilayah Karang Joang

Arfittariah¹, dan Wisyahyadi²¹, Sekolah Tinggi Teknologi (STITEK) Bontang, Teknik Elektro, email: fitta@stitek.ac.id²Institut Teknologi Bandung, Teknik Elektro, email: wisyah.yadi06@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan pembangkit listrik tenaga surya mengalami peningkatan yang sangat pesat. Peningkatan ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya sebagian besar digunakan untuk penerangan jalan dan industri rumah tangga. Pembangkit listrik tenaga surya memiliki ketergantungan terhadap radiasi matahari yang diterima pada solar panel dan temperatur lingkungan. Nilai temperatur lingkungan dapat mempengaruhi daya keluaran yang dihasilkan solar panel. Daya keluaran juga dipengaruhi oleh besar nilai dari faktor eksternal seperti partial shading. Partial shading merupakan kondisi tertutup / terhalangi sebagian cell pada solar panel. Penerapan partial shading sebagian besar hanya digunakan dengan software simulasi. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data jam 12:00 WITA dengan kondisi normal dan partial shading. Nilai daya keluaran maksimum dan minimum yang dihasilkan dalam kondisi normal sebesar 493.14W dan 77.63W. Nilai daya keluaran maksimum dan minimum yang dihasilkan oleh solar panel dalam kondisi partial shading sebesar 217.17W dan 91.24W. Penerapan partial shading tersebut dapat menurunkan efisiensi yang dihasilkan sebesar 3-4% dari kondisi normal.

Kata kunci: Efisiensi, Partial Shading dan Temperatur Lingkungan

Abstract

The growth of solar power plants has increased very rapidly. This increase aims to reduce dependence on the use of fossil fuel power plants. The use of solar power plants is mostly used for street lighting and home industries. Solar power plants have a dependence on solar radiation received on solar panels and environmental temperature. The environmental temperature value can affect the output power produced by the solar panel. The output power is also influenced by the value of external factors such as partial shading. Partial shading is a closed condition / partially blocked cells on the solar panels. The application of partial shading is mostly only used with simulation software. In this study, data was collected at 12:00 WITA with normal conditions and partial shading. The maximum and minimum output power values produced under normal conditions are 493.14W and 77.63W. The maximum and minimum output power values produced by the solar panels in partial shading conditions are 217.17W and 91.24W. The application of partial shading can reduce the resulting efficiency by 3-4% from normal conditions.

Keywords: Efficiency, Partial Shading dan Temperature

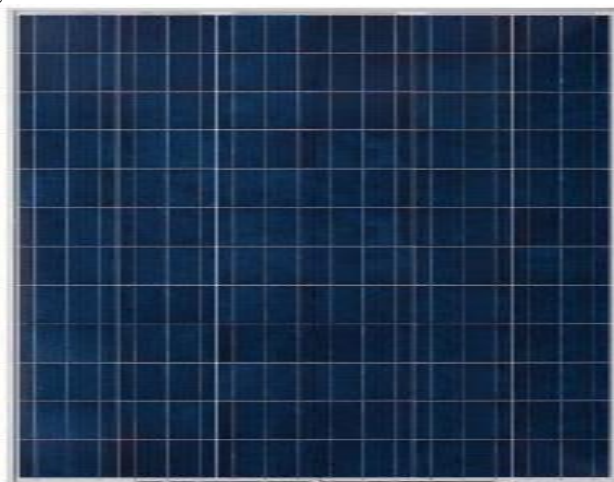
1.1 Pendahuluan

Pertumbuhan pembangkit listrik tenaga surya mengalami perkembangan yang sangat pesat. Perkembangan tersebut bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pembangkit listrik berbahan bakar fosil [1][3]. Pembangkit listrik tenaga surya yang ada di Indonesia, saat ini hanya digunakan sebagai penerangan jalan umum dan rumah tangga. Pembangkit listrik tenaga surya sangat bergantung terhadap radiasi matahari yang diterima oleh sel surya. Radiasi tersebut dapat mempengaruhi nilai daya keluaran yang dihasilkan dari panel surya. Selain itu, terdapat beberapa pertimbangan yang mempengaruhi nilai daya keluaran dari sel surya salah satunya yaitu *partial shading* [4][5][9]. *Partial shading* merupakan kondisi tertutupnya beberapa bagian cell dari panel surya. Pada kondisi ini, panel surya mengalami penurunan nilai daya keluaran yang bergantung dari besar *partial shading* [2][6]. Besar *partial shading* dapat menyebabkan nilai daya yang dihasilkan oleh panel surya berada dibawah rating. Daya yang dihasilkan oleh panel surya rendah menyebabkan efisiensi menjadi kecil[7][11]. Penerapan *partial shading* sebagian besar menggunakan bantuan *software* simulasi. *Partial shading* tersebut dilakukan dengan cara menurunkan nilai parameter masukan yaitu radiasi matahari dan temperatur lingkungan[7][11].

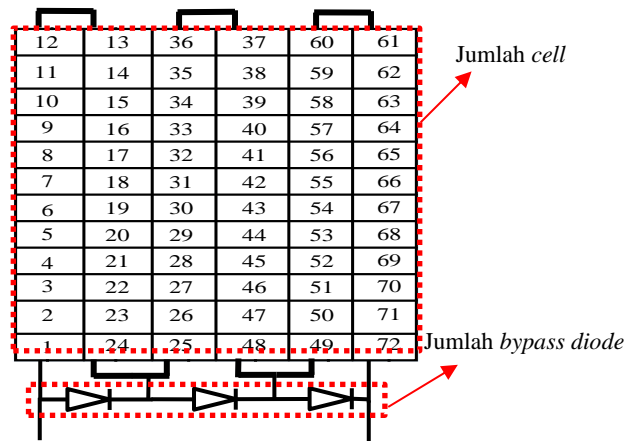
Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terdapat permasalahan mengenai pengambilan data *partial shading* panel surya, dimana pengambilan data dilakukan dengan simulasi. Namun pada penelitian tugas akhir ini menggunakan data aktual sehingga perlu adanya implementasi dan analisis pengaruh *partial shading* terhadap daya keluaran panel surya di Wilayah Karang Joang. Dari permasalahan tersebut dapat diangkat beberapa tujuan penelitian yaitu: mengetahui nilai daya keluaran pada kondisi normal, mengetahui nilai daya keluaran pada kondisi *partial shading*, mengetahui pengaruh *partial shading* terhadap daya keluaran yang dihasilkan dan mendapatkan efisiensi maksimum dalam keadaan normal dan *partial shading*.

2.1 Dasar Teori

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan panel surya yang berkapasitas 250 Wattpeak. Panel surya tersebut terdiri dari 72 cell yang dihubungkan secara seri dan 3 buah bypass diode yang dihubungkan secara paralel. Setiap 24 cell yang terhubung secara seri akan dihubungkan secara paralel dengan 1 buah bypass diode. Sehingga dapat diilustrasikan seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 dan 2.



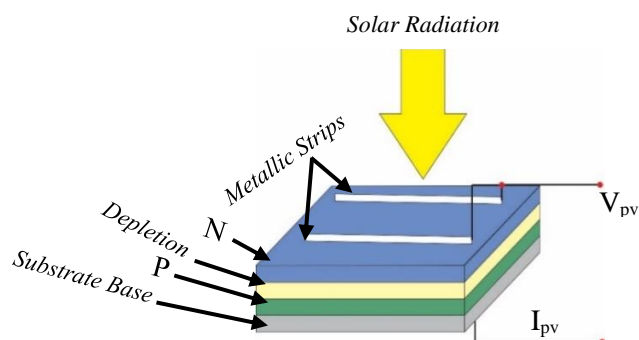
Gambar 1. Ilustrasi panel surya



Gambar 2. Rangkaian panel surya

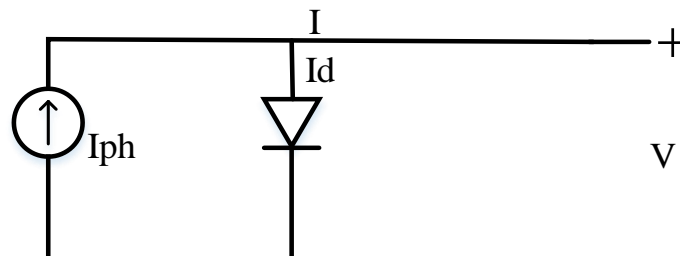
2.2 Panel Surya

Panel surya merupakan suatu komponen semikonduktor yang berfungsi mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Pengubahan energi tersebut dilakukan dengan cara melepaskan elektron pada saat menerima rangsangan dari sinar matahari. Bahan semikonduktor yang digunakan pada panel surya untuk mengkonversi energi tersebut berupa *silicon*. Bahan tersebut terdiri atas dua buah lapisan yaitu lapisan bermuatan negatif (N) dan lapisan bermuatan positif (P) [8][10], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Konstruksi dari panel surya

Panel surya memiliki sebuah rangkaian ekivalen ideal yang berfungsi untuk mendapatkan kurva karakteristik I-V. Rangkaian tersebut terdiri dari 1 buah *diode* dan 1 buah sumber arus sehingga dapat dilihat pada gambar 4.[12][13]



Gambar 4. Rangkaian ekivalen ideal panel surya

Dilihat pada Gambar 4, maka dapat diperoleh sebuah persamaan arus dan tegangan dari panel surya seperti pada persamaan 1 dan 2 .

$$I = I_{ph} - I_d \left(e^{\frac{qV}{k_B T}} - 1 \right) \quad (1)$$

$$V = \frac{k_B T}{q} \ln \left(1 + \frac{I_{ph}}{I_d} \right) \quad (2)$$

$$P_{IN} = Radiance \cdot A \quad (3)$$

Keterangan :

I_{ph} = Arus yang dihasilkan dari cahaya matahari (A)

I_d = Arus yang mengalir pada *diode* (A)

I = Arus *solar cell* (A)

V = Tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* (V)

K_B = Ketetapan Boltzmann ($J.K^{-1}$)

T = Temperatur actual ($^{\circ}C$)

q = Muatan elektron (Coulomb)

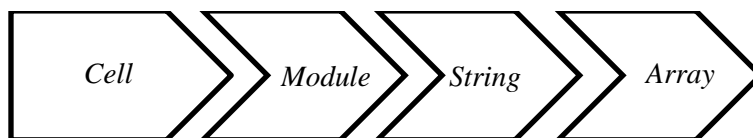
P_{in} = Daya masukan (W)

Radiance = Radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas dari panel surya (m^2)

2.2.1 Klasifikasi Panel Surya

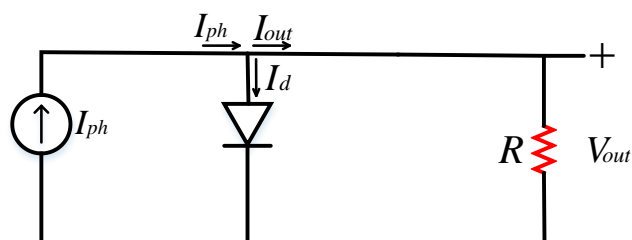
Secara umum panel surya dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian berdasarkan jumlah sel yang ada. Pembagian tersebut meliputi *cell*, *module*, *string*, dan *array*, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa urutan bagian terkecil hingga terbesar. Urutan paling kecil terdapat pada *cell* dan paling besar terdapat pada *array* [10][18].



Gambar 5. Klasifikasi dari panel surya

2.2.2 Pemodelan Matematika dari Panel Surya

Persamaan matematika panel Surya dapat diperoleh dengan menggunakan rangkaian ekivalen secara ideal. Rangkaian ekivalen ideal dari panel surya ditunjukkan pada Gambar 3 dan berikut adalah Gambar 6 Rangkaian ekivalen dengan memiliki beban.



Gambar 6. Rangkaian ekivalen panel surya dengan beban

Dilihat berdasarkan Gambar 6, maka didapatkan persamaan arus keluaran dan tegangan keluaran dari panel surya. Persamaan tersebut diperoleh dengan menggunakan prinsip *kirchoff current law* sehingga dapat dituliskan pada persamaan 4 dan 5 [13].

$$I_{out} = I_{ph} - I_s \left(e^{\frac{q \times V_d}{k \times T}} - 1 \right) \quad (4)$$

$$V_{out} = \frac{k \times T}{q} \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_s} + 1 \right) \quad (5)$$

Jika komponen pada panel surya disubstitusikan kedalam persamaan 6, maka dapat menghasilkan persamaan sebagai berikut ini.

$$P_{PV(out)} = P_{STC} \times \frac{G_C}{G_{STC}} \times \left(1 + k(T_C - T_{STC}) \right) \quad (6)$$

Berdasarkan persamaan daya keluaran dan masukan dari panel surya tersebut, maka dapat dirumuskan efisiensi yang dihasilkan seperti pada persamaan 7.

$$\eta = \frac{P_{PV(out)}}{P_{IN}} \times 100\% \quad (7)$$

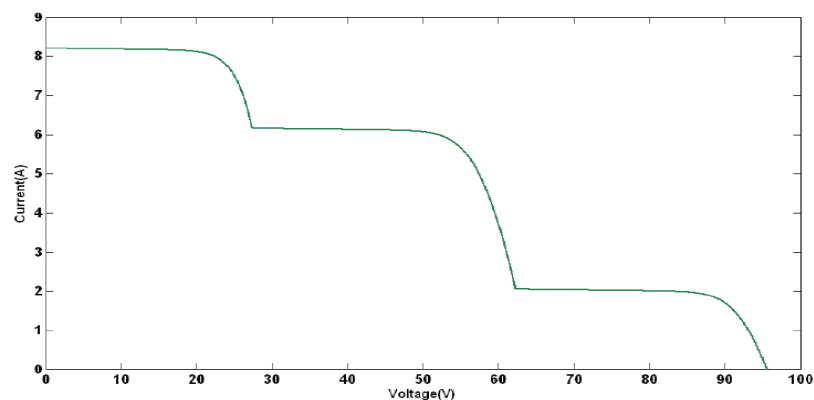
Panel surya yang digunakan terdiri dari 72 *cell*, maka pada saat terjadinya *partial shading* jumlah *cell* yang aktif pada panel surya menjadi berkurang dari 72 *cell* menjadi 48 *cell*. Pengurangan jumlah *cell* tersebut maka, diperoleh persamaan tegangan *partial* pada persamaan 8 dan 9 [15][17].

$$V_{partial} = 48 \times V_{out} \quad (8)$$

$$P_{partial} = V_{partial} \times I_{out} \times FF \quad (9)$$

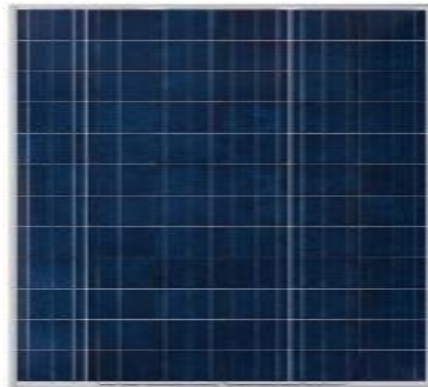
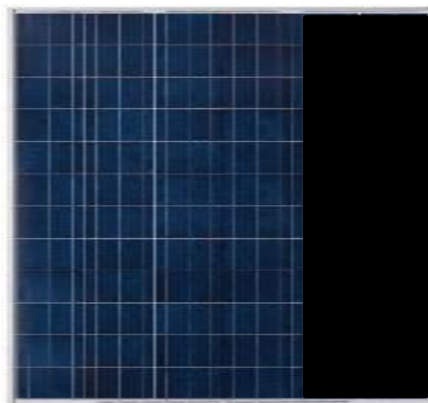
2.3 Partial shading

Partial shading merupakan kondisi tertutupnya beberapa bagian permukaan panel surya dari paparan sinar matahari. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya suatu objek yang menghalangi sel surya[14][19]. Hal ini dapat membuat daya yang dihasilkan oleh sel surya menjadi menurun. Penurunan tersebut juga dipengaruhi oleh radiasi matahari yang diterima panel surya sehingga menurunkan nilai arus keluaran yang dihasilkan [14][16][19], seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Pengaruh *partial shading* pada panel surya

Penelitian ini menggunakan 2 data yang diperoleh pada saat pengambilan data yaitu *microcontroller* dan pengukuran, dimana pengambilan data dilakukan pada pukul 12:00 WITA. Pengambilan data dilakukan dengan 2 kondisi dari panel surya yaitu kondisi normal dan kondisi *partial shading*. Kondisi normal merupakan kondisi panel surya yang tidak terdapat *partial shading* sehingga jumlah *cell* yang aktif sebanyak 72 *cell*. Kondisi *partial shading* merupakan kondisi yang terdapat penutupan beberapa bagian *cell* pada panel surya, dimana shading dilakukan sebanyak 12 *cell* secara seri. Kondisi panel surya yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 8. dan 9.

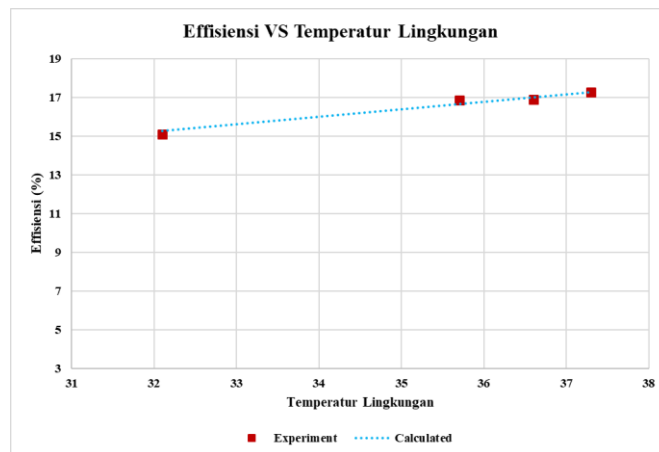
**Gambar 8. Kondisi normal****Gambar 9. Kondisi *partial shading*****3.1 Hasil Dan Pembahasan**

Pengambilan data yang dilakukan dengan menggunakan kondisi pada gambar 8 dan 9, maka didapatkan data eksperimen. Data-data yang diperoleh berupa temperatur lingkungan dan daya keluaran pada panel surya dan dirangkum kedalam tabel 1.

Tabel 1. Daya keluaran kondisi normal

Temp. Lingkungan	Daya Keluaran (W)	
	Pengukuran	Perhitungan
37.30	493.14	487.37
35.42	125.47	125.48
35.70	185.87	187.78
32.10	77.63	78.12
36.60	220.53	221.04

Terlihat pada tabel yang diperoleh perubahan dari temperatur lingkungan akan mempengaruhi nilai daya yang dihasilkan sehingga juga akan berpengaruh terhadap efisiensi kerja dari panel surya. Semakin tinggi nilai temperatur lingkungan, maka efisiensi yang dihasilkan juga akan meningkat seperti yang ditunjukkan dalam gambar 10. berikut ini.

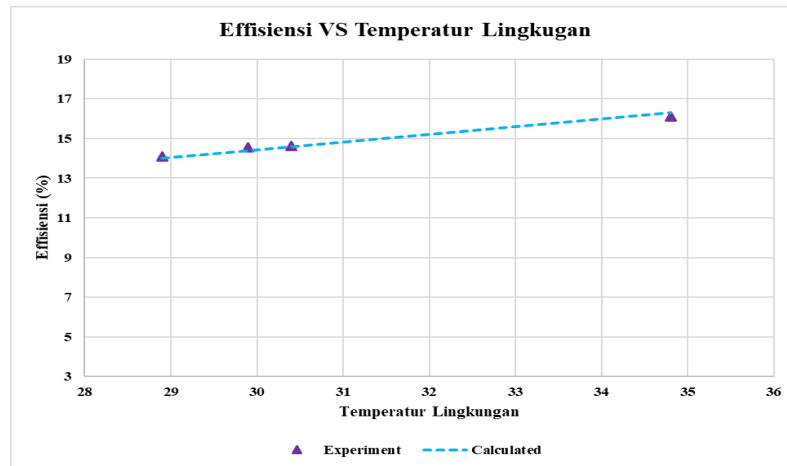
**Gambar 10. Pengaruh temperatur lingkungan terhadap efisiensi pada kondisi normal**

Pengambilan data yang dilakukan pada panel surya dalam kondisi *partial shading* dapat dilihat pada gambar 9. *Partial shading* dilakukan pada *cell* 48-72 sehingga didapatkan data-data yang terlampir pada table 2.

Tabel 2. Daya keluaran pada kondisi *partial shading*

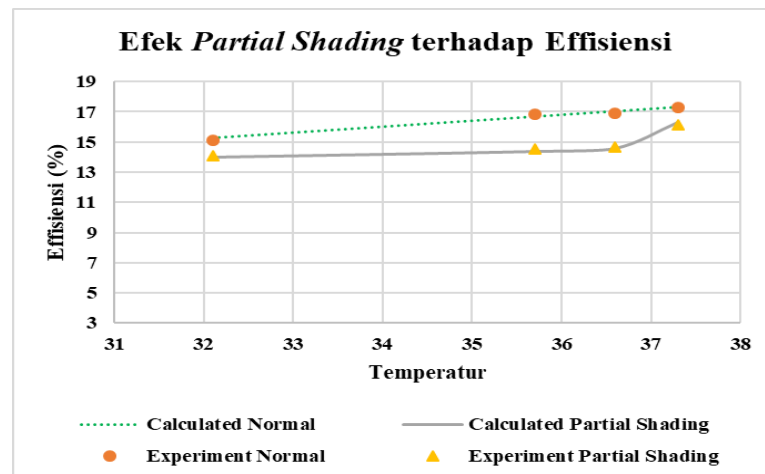
Temp. Lingkungan	Daya Keluaran (W)	
	Pengukuran	Perhitungan
31	188.83	186.86
34.8	217.11	216.47
29.9	119.93	121.48
28.9	91.24	90.73
30.4	154.28	154.71

Berdasarkan data yang diperoleh tersebut, temperatur lingkungan dapat mempengaruhi nilai daya keluaran yang terukur pada panel surya. Semakin besar nilai temperatur lingkungan, maka nilai daya keluaran yang dihasilkan akan semakin meningkat. Peningkatan daya keluaran juga mempengaruhi efisiensi kerja dari panel surya. Adapun efisiensi kerja dari panel surya yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Pengaruh temperatur lingkungan terhadap efisiensi dalam kondisi *partial shading*

Partial shading yang dilakukan pada solar panel memiliki dampak yang signifikan dalam efisiensi kerja dari panel surya maupun tegangan keluaran seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Penurunan efisiensi yang ditimbulkan akibat terjadinya *partial shading* sebesar 3-4%. Pada suhu maksimum dalam keadaan *partial shading* efisiensi kerja yang dihasilkan dari panel surya hanya sebesar 16% sedangkan dalam keadaan normal efisiensi kerja yang dihasilkan mencapai 17.5%.



Gambar 12. Efek *partial shading* terhadap kondisi normal dan kondisi *partial shading*

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai bahwa Daya keluaran maksimum dan minimum yang dihasilkan pada panel surya dalam kondisi normal sebesar 493.14W dan 77.63W dan daya keluaran maksimum dan minimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya dalam kondisi *partial shading* sebesar 217.17W dan 91.24W. Efisiensi maksimum dan minimum yang dihasilkan pada kondisi normal sebesar 17.1% dan 15% dan efisiensi maksimum dan minimum pada kondisi *partial shading* sebesar 16.5% dan 14.3%. Sehingga *Partial Shading* yang dilakukan dapat menurunkan nilai daya keluaran yang dihasilkan panel surya dari kondisi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Amin, J. Bailey, C. Tapia, and V. Thodimeladine, "Comparison of PV array configuration efficiency under partial shading condition," *Conf. Rec. IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, vol. 2016-November, pp. 3704–3707, 2016, doi: 10.1109/PVSC.2016.7750368.
- [2] J. Bai, Y. Cao, Y. Hao, Z. Zhang, S. Liu, and F. Cao, "Characteristic output of PV systems under partial shading or mismatch conditions," *Sol. Energy*, vol. 112, pp. 41–54, 2015, doi: 10.1016/j.solener.2014.09.048.
- [3] I. R. Balasubramanian, S. I. Ganesan, and N. Chilakapati, "Impact of partial shading on the output power of PV systems under partial shading conditions," *IET Power Electron.*, vol. 7, no. 3, pp. 657–666, 2014, doi: 10.1049/iet-pel.2013.0143.
- [4] P. V. Belyaev, V. S. Mischenko, D. A. Podberezkin, and R. A. Em, "Estimation of photovoltaic module shading," *2016 Dyn. Syst. Mech. Mach. Dyn.* 2016, pp. 2–6, 2017, doi: 10.1109/Dynamics.2016.7819119.
- [5] P. Bharadwaj and V. John, "Subcell modelling of partially shaded solar photovoltaic panels," *2017 IEEE Energy Convers. Congr. Expo. ECCE 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 4406–4413, 2017, doi: 10.1109/ECCE.2017.8096758.
- [6] L. Castañer, S. Bermejo, T. Markvart, and K. Fragaki, "Energy Production by a PV Array," *Pract. Handb. Photovoltaics Fundam. Appl.*, pp. 517–529, 2003, doi: 10.1016/B978-185617390-2/50021-0.
- [7] L. Castañer and S. Silvestre, "Introduction to Photovoltaic Systems and PSpice," *Model. Photovolt. Syst. Using PSpice®*, pp. 1–18, 2006, doi: 10.1002/0470855541.ch1.
- [8] P. Guerriero, M. Coppola, I. Spina, I. Maticena, and S. Daliento, "A voltage divider strategy for reducing the hot spot temperature in partially shaded solar panels," *2017 6th Int. Conf. Clean Electr. Power Renew. Energy Resour. Impact, ICCEP 2017*, pp. 53–57, 2017, doi: 10.1109/ICCEP.2017.8004791.
- [9] S. Guo, T. M. Walsh, A. G. Aberle, and M. Peters, "Analysing partial shading of PV modules by circuit modelling," *Conf. Rec. IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, pp. 2957–2960, 2012, doi: 10.1109/PVSC.2012.6318205.
- [10] M. Hankins, *Stand-alone Solar Electric Systems: The Earthscan Expert Handbook for Planning, Design and Installation*. 2010.
- [11] M. A. Hasan and S. K. Parida, "Temperature dependency of partial shading effect and corresponding electrical characterization of PV panel," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 2015-September, no. 1, pp. 1–3, 2015, doi: 10.1109/PESGM.2015.7286084.
- [12] M. F. Jalil, R. Saxena, M. S. Ansari, and N. Ali, "Reconfiguration of photo voltaic arrays under partial shading conditions," *2nd IEEE Int. Conf. Innov. Appl. Comput. Intell. Power, Energy Control. with their Impact Humanit. CIPECH 2016*, pp. 193–200, 2017, doi: 10.1109/CIPECH.2016.7918765.
- [13] K. Kato and H. Koizumi, "A study on effect of blocking and bypass diodes on partial shaded PV string with compensating circuit using voltage equalizer," *Proc. - IEEE Int. Symp. Circuits Syst.*, vol. 2015-July, pp. 241–244, 2015, doi: 10.1109/ISCAS.2015.7168615.
- [14] S. Khattoon, Ibraheem, and M. F. Jalil, "Analysis of solar photovoltaic array under partial shading conditions for different array configurations," *Proc. Int. Conf. Innov. Appl. Comput. Intell. Power, Energy Control. with Their Impact Humanit. CIPECH 2014*, no. November, pp. 452–456, 2014, doi: 10.1109/CIPECH.2014.7019127.
- [15] S. Pareek, N. Chaturvedi, and R. Dahiya, "Optimal interconnections to address partial shading losses in solar photovoltaic arrays," *Sol. Energy*, vol. 155, pp. 537–551, 2017, doi: 10.1016/j.solener.2017.06.060.

- [16] F. Salem and M. A. Awadallah, "Detection and assessment of partial shading in photovoltaic arrays," *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 23–32, 2016, doi: 10.1016/j.jesit.2015.10.003.
- [17] Y. J. Wang and P. C. Hsu, "Analytical modelling of partial shading and different orientation of photovoltaic modules," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 4, no. 3, pp. 272–282, 2010, doi: 10.1049/iet-rpg.2009.0157.
- [18] W. Xiao, *Photovoltaic Power System*. 2017.
- [19] H. Ziar, S. Mansourpour, E. Afjei, and M. Kazemi, "Bypass diode characteristic effect on the behavior of solar PV array at shadow condition," *2012 3rd Power Electron. Drive Syst. Technol. PEDSTC 2012*, vol. 01, pp. 229–233, 2012, doi: 10.1109/PEDSTC.2012.6183331.