

ANALISA DAYA PEMBANGKIT *PHOTOVOLTAIC ARRAY* 9×10 WP MENDAPAT EFEK TERBAYANG (*SHADING EFFECT*)

Dwi Prima Putri Utami¹⁾, Antonius Rajagukguk²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

E-mail : dwiprima.putriutami@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The limitations of fossil energy resources in the future as an energy source for electricity generation and that's effect on environmental pollution make the reason for the transition to renewable energy. Solar energy used in Photovoltaic (PV) systems can be an option for renewable energy generation sources. There are several problems that can interfere with the performance of large-scale PV. One that enhances PV performance is shading on a PV module, that make interferes PV performance. There is a decrease in current caused that problem, thereby reducing the output power of the PV system. This research studied about the effect of shading on the performance of large-scale PV systems through testing a 9 × 10 Wp miniature PV array and simulation using Matlab software. The use of diodes on a PV module can be done to prevent damage to the PV module due to shading. Through the power-voltage (P-V) and current-voltage (I-V) characteristic curves the effect of shading and the use of bypass and of this study note that the bypass diode and blocking diode output power generated by the PV module can be optimal. blocking diodes can be determined. Shading effect gaved in a decrease in power in the PV module. From the results

Keywords: array, current, photovoltaic, power, voltage

I. PENDAHULUAN

Penggunaan tenaga listrik menjadi salah satu kebutuhan mendasar di kehidupan sehari-hari. Terbatasnya sumber daya energi fosil di masa mendatang sebagai sumber energi pembangkitan tenaga listrik dan pengaruhnya terhadap pencemaran lingkungan menjadikan alasan peralihan terhadap energi terbarukan. Energi matahari yang digunakan dalam sistem *Photovoltaic* (PV) dapat menjadi pilihan untuk sumber pembangkitan listrik energi terbarukan. Terdapat beberapa masalah yang dapat mengganggu kinerja PV skala besar. Salah satu permasalahan yang mempengaruhi kinerja PV adalah bayangan (*shading*) yang dapat menutupi modul PV sehingga mengganggu kinerja PV. Akibat dari hal tersebut terjadi penurunan arus sehingga mengurangi daya keluaran dari sistem PV.

Salah satu permasalahan yang mempengaruhi kinerja PV adalah bayangan (*shading*) yang dapat menutupi modul PV sehingga mengganggu kinerja PV. Akibat dari hal tersebut terjadi penurunan arus sehingga mengurangi daya keluaran dari sistem PV. Pencegahan kerusakan modul-modul PV akibat *shading* dapat dilakukan dengan pemasangan dioda *bypass* dan dioda *blocking* (Koizumi, 2015).

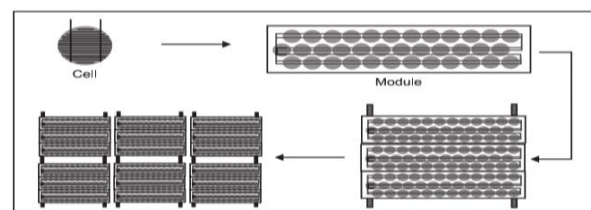
II. LANDASAN TEORI

2.1 *Photovoltaic* (PV)

Photovoltaic (PV) merupakan suatu sistem atau cara mengubah secara langsung energi matahari menjadi energi listrik yang menggunakan bahan semikonduktor.

Bahan semikonduktor tersebut terdiri dari dua lapisan (sisi-*p* dan sisi-*n*) yang menyusun sebuah sel PV. Adapun prinsip kerja PV terjadi ketika cahaya memasuki sel PV, beberapa foton dari cahaya diserap oleh atom semikonduktor, sehingga membebaskan elektron dari sisi-*n* untuk mengalir melalui sirkuit eksternal dan kembali ke sisi-*p*. Terjadinya aliran elektron ini yang menghasilkan arus listrik (Bhatia, 2014).

Sejumlah sel PV yang saling dihubungkan dalam suatu paket yang tertutup rapat dan tahan cuaca yang disebut modul PV. Ketika beberapa modul dihubungkan secara seri, tegangannya berlipat ganda sementara arus tetap konstan. Sedangkan ketika beberapa modul dihubungkan secara paralel, arusnya berlipat ganda sedangkan tegangannya tetap konstan. Untuk mencapai tegangan dan arus yang diinginkan, modul dihubungkan secara seri yang menjadi *string* dan *string* disusun secara paralel sehingga membentuk PV *array*. Fleksibilitas sistem penyusunan PV dirancang berdasarkan besar kebutuhan daya keluarannya (Bhatia, 2014).



Gambar 1. Sel, Modul, String, dan *Photovoltaic Array* (Bhatia, 2014)

2.2 Shading(bayangan) pada Photovoltaic

Pembangkit PV skala besar membutuhkan modul PV dalam jumlah yang banyak, dimana modul tersebut dapat disusun dalam rangkaian seri maupun paralel. Penyusunan modul membentuk rangkaian seri maupun paralel disesuaikan dengan kebutuhan tegangan, arus maupun daya yang dibutuhkan. Namun, susunan modul PV secara seri pada *string* berpotensi mengakibatkan perbedaan tegangan. Perbedaan tegangan antar *string* pada PV array disebabkan oleh tidak seragamnya radiasi pada modul-modul PV tersebut. Tidak seragamnya radiasi tersebut disebabkan oleh beberapa modul PV mendapat bayangan (*shading*) (Antonius Rajagukguk, 2017).

Efek *shading* pada PV array menyebabkan berkurangnya penyerapan radiasi matahari dan meningkatnya suhu pada modul-modul pada PV array. Berkurangnya penyerapan radiasi matahari mengakibatkan menurunnya tegangan pada PV *string* dan mengganggu kinerja sistem PV array. Modul PV yang tidak mendapat radiasi tidak seragam tersebut menjadi beban pada modul PV yang bekerja secara normal. Modul PV yang menjadi beban tersebut akan membuang daya yang dihasilkan melalui panas dan menyebabkan modul PV rusak jika dipaksa bekerja secara terus menerus (Yunlin Sun, 2013).

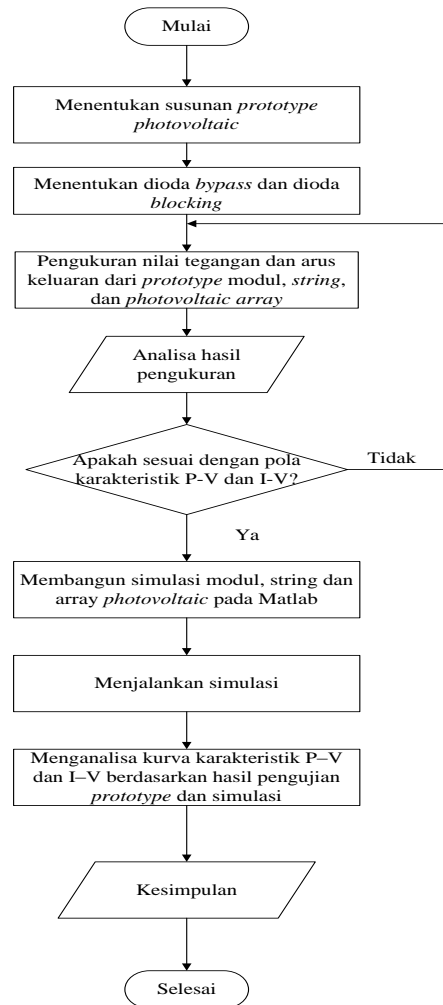
2.3 Dioda Bypass dan Dioda Blocking

Pencegahan kerusakan modul-modul PV akibat *shading* dapat dilakukan dengan pemasangan dioda *bypass* dan dioda *blocking*. Pada tiap modul PV, dilakukan pemasangan secara paralel dioda *bypass*. Pemasangan dioda *bypass* digunakan untuk melewati arus yang dihasilkan oleh modul PV yang tidak bekerja normal akibat *shading*. Sedangkan pada kasus *string*, digunakan dioda *blocking* yang dipasang secara seri dengan *string*. Hal tersebut dilakukan untuk memblokir tegangan yang dihasilkan *string* yang bekerja tidak normal akibat *shading* (Koizumi, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Flowchart Penelitian

Penelitian dilakukan melalui pengujian terhadap miniatur *prototype* PV array 9×10 Wp dan simulasi menggunakan *software* Matlab. Untuk pengujian, digunakan modul PV dengan daya 10 Wp yang disusun secara seri sebanyak 3 buah menjadi sebuah *string* dan sebanyak 3 buah *string* disusun secara paralel membentuk sebuah PV array. Dioda *bypass* dan dioda *blocking* yang digunakan adalah jenis 1N4002 dan 3N4002.

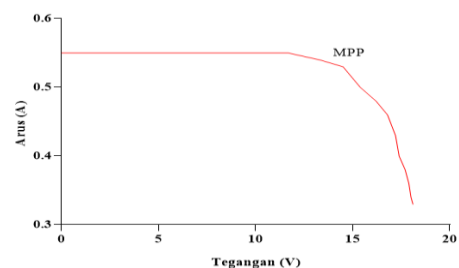


Gambar 2. Flowchart Penelitian

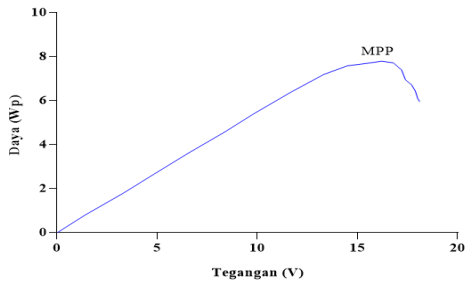
Simulasi yang dibangun pada *software* Matlab berdasarkan pengujian *prototype*. Adapun hasil pengujian dari *prototype* dan simulasi menghasilkan kurva karakteristik P-V dan I-V dianalisa berdasarkan teori.

3.2 Pengujian Modul Photovoltaic (PV)

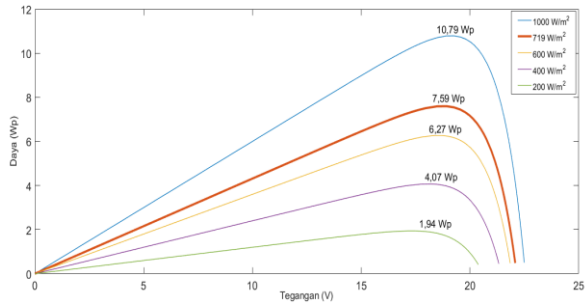
Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada *prototype*, didapatkan kurva karakteristik P-V dan I-V yang menunjukkan nilai daya puncak dari modul PV dengan iradiasi seragam saat kondisi rerata iradiasi 719 W/m^2 adalah 7,8 Wp pada saat tegangan 16,2 V dan arus 0,46 A. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan kurva karakteristik P-V dan I-V yang dihasilkan dari pengujian modul PV.



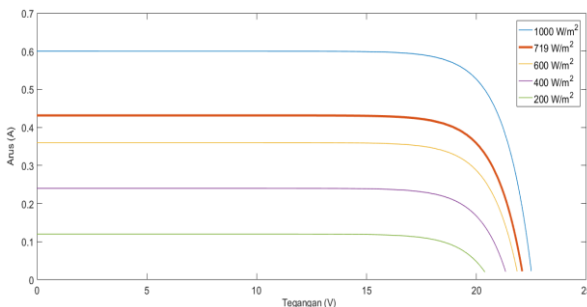
Gambar 3. Kurva Karakteristik P-V Prototype Modul PV



Gambar 4. Kurva Karakteristik I-V Prototype Modul PV



Gambar 5. Kurva Karakteristik P-V Simulasi Modul PV



Gambar 6. Kurva Karakteristik P-V Simulasi Modul PV

Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian berdasarkan simulasi dengan variasi iradiasi yang menunjukkan bahwa variasi dari iradiasi akan menyebabkan perbedaan daya keluaran yang dihasilkan oleh modul PV. Adapun daya puncak ketika iradiasi 719 W/m² adalah 7,59 Wp pada saat tegangan 18,92 V dan arus 0,40 A. Adapun perhitungan kesalahan pengukuran dari hasil pengujian dan simulasi dapat dilihat pada rumus berikut.

$$\%error = \frac{|NilaiPengukuran - NilaiTeori|}{NilaiTeori} \times 100\%$$

$$\%error = \frac{|7,8Wp - 7,59Wp|}{7,59Wp} \times 100\%$$

$$\%error = 2,77\%$$

3.3 Pengujian String Photovoltaic (PV)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada *prototype*, didapatkan kurva karakteristik P-V dan I-V yang menunjukkan nilai daya puncak dari modul PV dengan iradiasi seragam saat kondisi rerata iradiasi 668 W/m² adalah 21,5 Wp pada saat tegangan 46,7 V dan arus 0,46 A. Adapun pengujian yang dilakukan di simulasi menghasilkan daya puncak ketika daya puncak sebesar 21,1 Wp pada saat tegangan 56,03 V dan arus 0,38 A.

Perhitungan kesalahan pengukuran dari hasil pengujian dan simulasi dapat dilihat pada rumus berikut.

$$\%error = \frac{|NilaiPengukuran - NilaiTeori|}{NilaiTeori} \times 100\%$$

$$\%error = \frac{|21,5Wp - 21,1Wp|}{21,1Wp} \times 100\%$$

$$\%error = 1,89\%$$

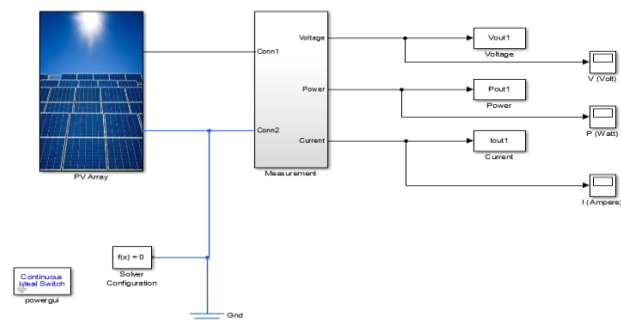
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan melalui pengujian terhadap *prototype* dan simulasi pada keadaan tanpa *shading* dan lima variasi kondisi *shading*, yakni kondisi *shading* 2 2 0 (44,4%), *shading* 2 1 1 (44,4%), *shading* 2 1 0 (33,3%), *shading* 0 1 1 (22,2%) dan *shading* 1 0 0 (11,1%).



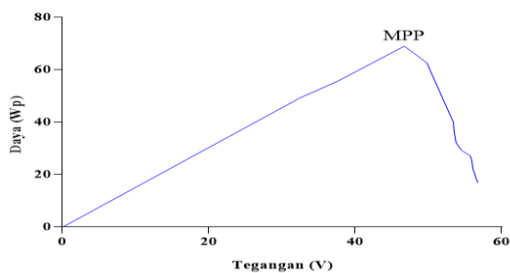
Gambar 7. Prototype PV Array 9x10 Wp Tanpa Shading

Gambar 11 menunjukkan *prototype* dari PV array 9x10 Wp. Simulasi yang dibangun pada *software* Matlab R2016a berdasarkan susunan pengujian *prototype* PV array 9x10 Wp yang diperlihatkan pada gambar 12.

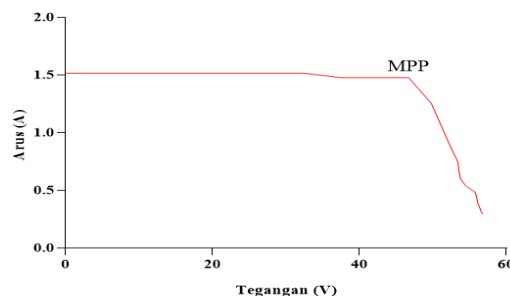


Gambar 8. Pemodelan Simulasi PV Array 9x10 Wp

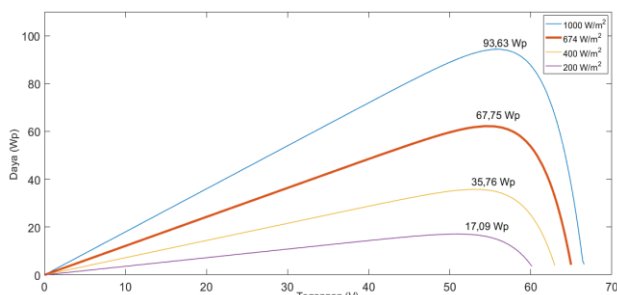
Pada kondisi radiasi seragam tanpa *shading*, dilakukan pengujian pada *prototype* dan menghasilkan kurva karakteristik P-V dan I-V yang menunjukkan nilai daya puncak dari modul PV dengan iradiasi seragam saat kondisi rerata iradiasi 674 W/m² adalah 69,1 Wp pada saat tegangan 46,7 V dan arus 1,48 A yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



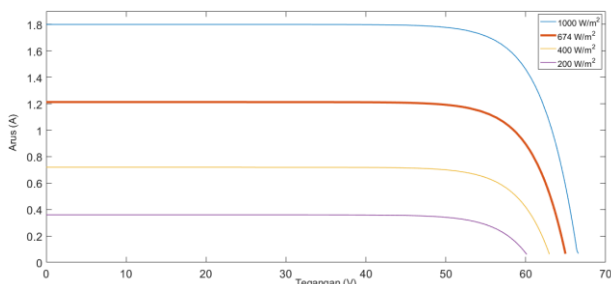
Gambar 9. Kurva Karakteristik P-V Prototype PV Array 9×10 Wp Tanpa Shading



Gambar 10. Kurva Karakteristik I-V Prototype PV Array 9×10 Wp Tanpa Shading



Gambar 11. Kurva Karakteristik P-V Simulasi PV Array 9×10 Wp Tanpa Shading dengan Variasi Irradiasi



Gambar 12. Kurva Karakteristik I-V Simulasi PV Array 9×10 Wp Tanpa Shading dengan Variasi Irradiasi

Gambar 11 dan Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian berdasarkan simulasi dengan variasi iradiasi. Adapun daya puncak ketika iradiasi 674 W/m^2 adalah $67,75 \text{ Wp}$ pada saat tegangan $52,93 \text{ V}$ dan arus $1,17 \text{ A}$. Pengujian menggunakan prototype dilakukan dengan lima variasi kondisi shading, yakni kondisi shading 2 2 0 (44,4%), shading 2 1 1 (44,4%), shading 2 1 0 (33,3%), shading 0 1 1 (22,2%) dan shading 1 0 0 (11,1%).



Gambar 13. Prototype PV Array 9×10 Wp Kondisi Shading 0 1 1 (22,2%)

Tabel 1. Perbandingan Daya Keluaran Variasi Shading Prototype PV Array 9×10 Wp

	Daya (Wp)
Shading 2 2 0	27,3
Shading 2 1 1	31,9
Shading 2 1 0	31,8
Shading 0 1 1	41,2
Shading 1 0 0	51,4

Tabel 2. Perbandingan Daya Keluaran Variasi Shading Simulasi PV Array 9×10 Wp

	Daya (Wp)		
	MPP ₁	MPP ₂	MPP ₃
Shading 2 2 0	15,12	17,23	
Shading 2 1 1	14,19	19,63	
Shading 2 1 0	16,08	23,88	17,39
Shading 0 1 1	32,94	16,48	
Shading 1 0 0	34,12	33,06	

Gambar 13 menunjukkan salah satu contoh kondisi shading 0 1 1 (22,2%). Pengujian yang dilakukan pada prototype PV array dengan lima kondisi variasi shading menghasilkan daya keluaran yang disimpulkan dalam Tabel 1. Daya yang dihasilkan dari lima kondisi variasi shading yang diuji melalui simulasi dapat disimpulkan pada Tabel 2.

Untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan dioda bypass dan dioda blocking dilakukan melalui pengujian di simulasi software Matlab 2016a pada saat kondisi shading 0 1 1 dan shading 1 0 0. Perbandingan penggunaan dioda dengan tidak menggunakan dioda dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Daya Menggunakan Dioda dan Tanpa Dioda pada PV Array 9×10 Wp

	Daya (W)	Daya (W)
	Menggunakan Dioda	Tanpa Dioda
Shading 0 1 1	32,94	16,41
Shading 1 0 0	34,12	32,76

V. KESIMPULAN

Daya puncak yang tinggi didapat berdasarkan jumlah radiasi yang diserap oleh modul PV. *Shading* pada modul PV mengakibatkan penurunan daya. Pada pengujian *prototype array* PV 9×10 Wp, daya tertinggi adalah saat keadaan tanpa *shading* 69,1 Wp dan simulasi adalah 67,75 Wp. Pengujian untuk variasi *shading prototype array* 9×10 Wp, daya tertinggi adalah 51,4 Wp dan untuk simulasi terdapat dua titik puncak yakni 34,12 Wp dan 33,06 Wp pada kondisi *shading* 1 0 0. Untuk pengujian *prototype* didapatkan satu puncak daya (MPP) sedangkan untuk pengujian melalui simulasi menghasilkan beberapa titik puncak. Penggunaan dioda *bypass* dan dioda *blocking* berpengaruh dalam mengoptimalkan keluaran daya dengan memberikan beberapa titik puncak tegangan. Tanpa penggunaan dioda *bypass* dan dioda *blocking* menghasilkan satu titik daya puncak keluaran yang didapat dari tegangan dan arus yang dihasilkan dari modul PV yang bekerja secara normal, sedangkan modul PV yang bekerja tidak normal tidak diperhitungkan daya keluarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius Rajagukguk, C. W. (2017). New Approach of Maximum Power Point Tracking for Static Miniature Photovoltaic Farm Under Partially Shaded Condition Based on New Cluster Topology. *IEEE*, 444-449.
- Bhatia, S. (2014). Advanced Renewable Energy Systems: Part 1. New Delhi, India: Woodhead Publishing India Pvt Ltd.
- Hossain, R. K. (2013). Effects of Internal Resistance on the Photovoltaic Parameters of Solar Cells. *ICMIME*, 733-739.
- Huan-Liang Tsai, C.-S. T.-J. (2008). Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB/SIMULINK. *WCECS*.
- Koizumi, K. K. (2015). A Study on Effect of Blocking and Bypass Diodes on Partial Shaded PV *String* with Compensating Circuit Using Voltage Equalizer. *IEEE*, 241-244.
- Luis Hernandez-Callejo, S. G.-S.-G. (2019). A Review of Photovoltaic Systems: Design, Operation and Maintenance. *Elsevier: Solar Energy*, 426-440.
- Mohammadmehdi Seyedmahmoudian, S. M. (2013). Analytical Modeling of Partially Shaded Photovoltaic Systems. *Energies*, 128-144.
- Samah Laamami, M. B. (2017). Analysis of *Shading* Effects on a Photovoltaic Array. *IEEE*.
- Stegun, M. A. (1965). *Handbook of Mathematical Functions: with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables (Dover Books on Mathematics)*. New York: Dover.
- William H.Hayt, J. J. (2005). *Rangkaian Listrik Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Yunlin Sun, X. L. (2013). Analysis on the Effect of *Shading* on the Characteristics of Large-Scale On-Grid PV System in China. *Energy and Power Engineering*, 215-218.