

MODUL PRAKTIKUM PENYINARAN SEBAGIAN DAN PENUH PADA *PHOTOVOLTAIC* JENIS *MONOCRISTALLINE*

Mahadi Prasetyawan^{*)}, Mochammad Facta. and Agung Nugroho

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

E-mail: mahadi.prasetyawan@gmail.com

Abstrak

Photovoltaic merupakan piranti yang dapat merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Namun cahaya matahari tidak dapat menyinari suatu tempat di bumi ini secara terus-menerus, yang disebabkan karena rotasi dari bumi sehingga membuat arah datang cahaya matahari tidak menetap dan benda-benda gelap penghalang cahaya lainnya yang menyebabkan terjadinya bayangan, sehingga photovoltaic tidak mendapatkan cahaya secara maksimal. Lampu pijar merupakan sumber cahaya yang konstan. Lampu pijar dapat digunakan sebagai sumber cahaya buatan yang konstan. Pada penelitian ini, sumber cahaya dari matahari akan digantikan dengan cahaya lampu halogen 50 W 220 V yang di rangkai secara paralel dengan daya total 1000 W agar mendapatkan cahaya secara terus-menerus untuk mengetahui daya keluaran dari photovoltaic dengan penyinaran sebagian dan penuh pada photovoltaic jenis monocrystalline. Pada penelitian ini di buat sebuah modul penyinaran sebagian dan penuh pada photovoltaic jenis monocrystalline yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk modul praktikum Dasar Konversi Energi di laboratorium Konversi Energi Listrik Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Dalam pengambilan data kurva I-V dan P-V diperlukan DC-DC chopper buck converter. Buck converter digunakan untuk mengkondisikan photovoltaic agar mengeluarkan nilai tegangan dan arus tertentu, kemudian data tegangan dan arus tersebut disusun dalam kurva I-V dan P-V.

Kata Kunci: Photovoltaic, Lampu Halogen, Penyinaran

Abstract

Photovoltaic is a tool that can turn solar energy into electrical energy. However, the sunlight cannot illuminate a place in earth continuously caused by earth rotation so that it makes the direction of sunlight coming unconstant and other sun-blocker dark objects which cause the shadow so that photovoltaic doesn't gain the light maximally. Light bulb is the source of light that is constant. Light bulb can be used as a constant source of artificial light. In this research, the light source of sun will be replaced with the light of 50 W 220 V halogen lamp which is arranged in parallel with 1000 W total power so that it gains the light continuously to find out the output power of photovoltaic by using half and full illumination on monocrystalline photovoltaic. In this research, there will be made a half and full illumination modul on monocrystalline photovoltaic which is later can be used for the modul of Basic Energy Conversion practice in Electrical Energy Conversion Laboratorium on Electrical Engineering major of Diponegoro University. The data retrieval of I-V and P-V curve requires DC-DC chopper buck converter. Buck converter is used to condition the photovoltaic so that it release certain current and voltage value, then the data of current and voltage is arranged in P-V and I-V curves.

Keyword: Photovoltaic, Halogen Lamp, Illumination

1. Pendahuluan

Photovoltaic bekerja berdasarkan efek *fotoelektrik* pada material semi konduktor untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik^[2]. Namun cahaya matahari tidak dapat menyinari suatu wilayah secara terus menerus.

Sebuah *photovoltaic* dapat mengubah energi listrik dengan baik meskipun cahaya yang mengenai permukaannya berasal dari lampu pijar listrik. Hal ini

tidak mengherankan karena baik sinar matahari maupun sinar lampu pijar memiliki spektrum yang hampir sama. Apabila sebuah *photovoltaic* dikenai cahaya, maka tegangan yang ditimbulkannya akan berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya.

Pada penelitian ini, dibuat alat berupa modul penyinaran sebagian dan penuh pada *photovoltaic* menggunakan sumber penyinaran dari lampu halogen 50 W 220 V. Lampu yang digunakan berjumlah 20 buah di pasang

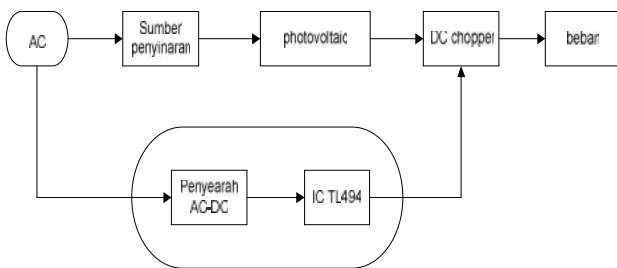
secara paralel, sehingga daya total yang dikonsumsi oleh rangkaian lampu sebesar 1000 W. DC-DC *chopper buck converter* diperlukan dalam pengambilan data kurva I-V dan P-V. *Buck converter* digunakan untuk mengkondisikan *photovoltaic* agar mengeluarkan nilai tegangan dan arus tertentu, kemudian data tegangan dan arus tersebut disusun dalam kurva I-V dan P-V.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Membuat modul praktikum penyinaran sebagian dan penuh pada *photovoltaic* jenis *monocrystalline*.
2. Mengetahui pengaruh *partial shading* terhadap daya keluaran dari *photovoltaic*.
3. Mengetahui karakteristik *photovoltaic* jenis *monocrystalline*.

2. Metode

Perancangan modul perangkat keras pada penelitian ini terdiri dari sumber penyinaran dan DC-DC *chopper buck converter* sebagai beban. Gambar 1 adalah diagram blok perancangan perangkat keras.



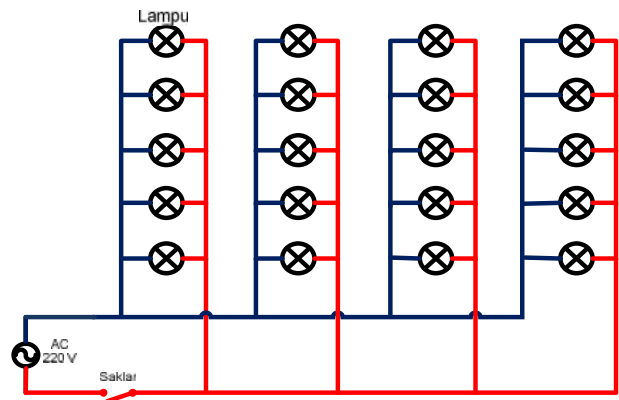
Gambar 1. Blok diagram perancangan alat

2.1. Sumber Penyinaran

Sumber penyinaran yang akan digunakan adalah lampu halogen 50 W 220 V. lampu yang digunakan berjumlah 20 buah di pasang secara paralel, sehingga daya total yang dikonsumsi oleh rangkaian lampu adalah sebesar 1000 W. Spesifikasi lampu yang digunakan pada modul penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Lampu

Name	Dichroic halogen lamp
Type	JCDR
Watt	220 V
volt	50 W
Glass available	Clear / frosted
Lifetime	2000h
Color temp	2800K
Colour rendering	100
certification	CE, ROHS



Gambar 2. Rangkaian paralel lampu penyinaran *photovoltaic*

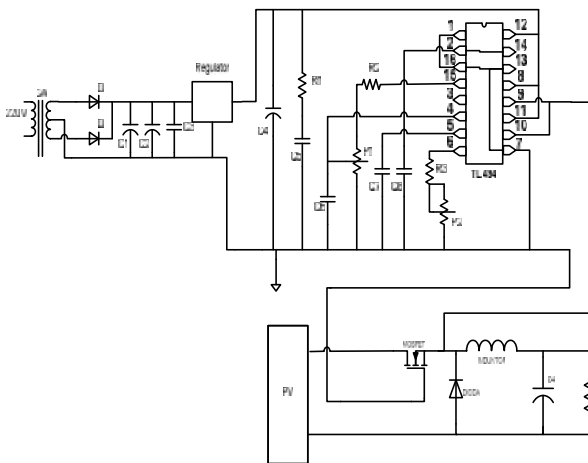
Alasan digunakannya rangkaian paralel pada sumber cahaya dikarenakan rangkain listrik paralel adalah suatu rangkaian listrik, di mana semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Beda potensial tiap lampu sama. Jika salah satu komponen dicabut atau rusak, maka komponen yang lain tetap berfungsi sebagaimana mestinya. Rangkaian paralel berlaku sebagai pembagi arus.

2.2. Perancangan DC Chopper Buck Converter

Pada penelitian ini DC-DC *chopper buck converter* diperlukan dalam pengambilan data kurva I-V dan P-V. *Buck converter* digunakan untuk mengkondisikan *photovoltaic* agar mengeluarkan nilai tegangan dan arus tertentu, kemudian data tegangan dan arus tersebut disusun dalam kurva I-V dan P-V.

Buck converter merupakan suatu piranti elektronika daya yang berfungsi untuk menurunkan tegangan DC. Metode pengambilan data kurva P-V dan I-V yang konvensional adalah dengan mengatur nilai resistansi dari beban PV. Pada penelitian ini, beban resistif dianggap konstan, hanya saja nilai *duty cycle* dari *buck converter* ini diatur agar seolah-olah nilai resistansinya berubah seiring dengan perubahan *duty cycle*. Rangkaian *buck converter* dapat dilihat pada Gambar 3.

Buck converter ini dipicu oleh rangkaian pemicu berupa IC TL494. IC TL494 merupakan IC yang dapat menghasilkan suatu sinyal gelombang kotak, yang dapat diatur frekuensi dan *duty cycle*-nya. Frekuensi *switching* dapat diatur dengan memutar potensio P1, dan *duty cycle* dapat diatur dengan memutar potensio P2.



Gambar 3. Skema Rangkaian Buck Converter

IC TL494 ini mendapat suplai dari sumber DC 15 Volt, yang berasal dari sumber AC yang diturunkan tegangannya, dan disearahkan menggunakan rangkaian penyearah. Kaki 9 dari IC TL 494 ini dihubungkan ke gate MOSFET IRFZ44N, sebagai rangkaian *switching*. Kemudian input dari DC-DC *converter* ini berasal dari sumber PV, dengan outputnya terpasang pada beban resistif 5 .

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Tanpa Partial Shading

Data yang diambil adalah arus, tegangan dan daya keluaran dari *photovoltaic* tanpa *partial shading*.

Tabel 2. Pengujian Tanpa Partial Shading dengan Irradiance 1000 W/m²

Tanpa Partial Shading	
Arus (Ampere)	0.45
Tegangan (Volt)	19.86
Daya (Watt)	8.937

Tabel 3. Pengujian Tanpa Partial Shading dengan Irradiance 750 W/m²

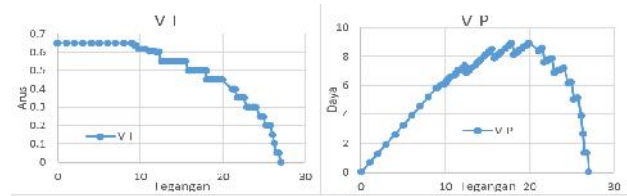
Tanpa Partial Shading	
Arus (Ampere)	0.24
Tegangan (Volt)	15.97
Daya (Watt)	3.8328

Tabel 4. Pengujian Tanpa Partial Shading dengan Irradiance 500 W/m²

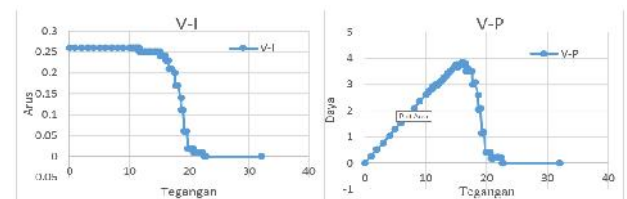
Tanpa Partial Shading	
Arus (Ampere)	0.16
Tegangan (Volt)	16.09
Daya (Watt)	2.5744

Dari Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 memperlihatkan penurunan nilai arus, tegangan dan daya tiap *irradiance*. Hal ini dikarenakan pada saat *irradiance* tinggi, yaitu

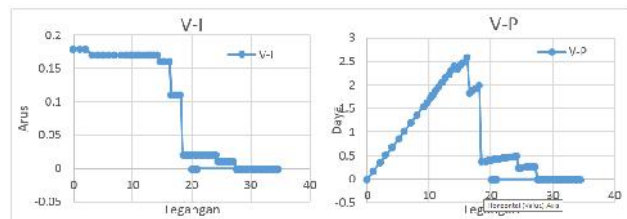
pada saat jumlah foton banyak, arus yang dihasilkan juga besar. Demikian pula sebaliknya, sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus terhadap jumlah foton.



Gambar 4. Grafik V-I Dan V-P Tanpa Partial Shading dengan Irradiance 1000 W/m²



Gambar 5. Grafik V-I dan V-P Tanpa Partial Shading dengan Irradiance 750 W/m²



Gambar 6. Grafik V-I dan V-P Tanpa Partial Shading dengan Irradiance 500 W/m²

Pengujian tanpa *partial shading* pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 membuktikan bahwa *irradiance* 1000 W/m² lebih unggul dikarenakan arus yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan *irradiance* 750 W/m² dan 500 W/m².

Daya input adalah perkalian antara intensitas cahaya yang diterima oleh modul *photovoltaic* dengan luas area *photovoltaic*. Hubungan antara P_{input} , A (Luas area permukaan *photovoltaic module* [m]) dan *irradiance* ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$P_{input} = I_r \times A \tag{1}$$

$$108 \text{ Watt} = 1000 \times (0.36 \times 0.3)$$

Hasil perhitungan daya input pada percobaan *photovoltaic* tanpa *partial shading* dengan variasi *irradiance* 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² ditunjukkan Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Perhitungan P_{input} Modul Photovoltaic

Variasi irradiance(W/m ²)	P_{input} (Watt)
1000	108
750	81
500	54

Sedangkan untuk besarnya daya pada photovoltaic (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan fill factor (FF) yang dihasilkan oleh cell photovoltaic dapat dihitung dengan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \tag{2}$$

Nilai FF dapat diperoleh dari Persamaan 3:

$$FF = V_{oc} - I_n \frac{(V_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1} \tag{3}$$

$$FF = 21.92 - I_n \frac{(21.92 + 0.72)}{21.92 + 1}$$

$$FF = 21.92 - I_n \frac{22.64}{20.92}$$

$$FF = 21.92 - 0.079$$

$$FF = 21.041$$

maka

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{out} = 21.92 \times 0.6 \times 21.841$$

$$P_{out} = 287.252832 \text{ Watt}$$

Efisiensi yang terjadi pada photovoltaic merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh photovoltaic dengan energi input yang diperoleh dari irradiance lampu. Sehingga nilai efisiensi photovoltaic ditunjukkan seperti pada Persamaan 4.

$$\eta = \frac{I_n \times V_{oc}}{P_{input}} \tag{4}$$

$$\eta = \frac{0.45 \times 19.86}{108}$$

$$\eta = \frac{8.937}{108}$$

$$\eta = 0.08275\%$$

Hasil perhitungan efisiensi pada percobaan photovoltaic tanpa partial shading dengan variasi irradiance 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² ditunjukkan Tabel 6.

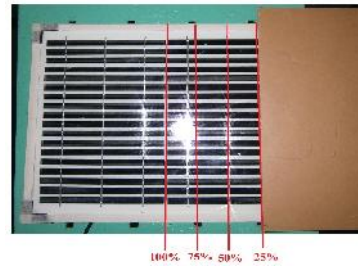
Table 6. Perbandingan Hasil Perhitungan Efisiensi Modul Photovoltaic

Variasi irradiance(W/m ²)	η_{max} (%)
1000	0.08275
750	0.03549
500	0.02384

Tabel 6 Menunjukkan bahwa semakin besar nilai irradiance maka daya maksimal photovoltaic akan semakin besar.

3.2. Pengujian dengan Partial Shading Secara Vertikal

Data yang diambil adalah arus, tegangan dan daya keluaran dari photovoltaic dengan pemodelan partial shading secara vertikal di mulai dari 25%, 50%, 75% dan 100% berdasarkan Gambar 7.



Gambar 7. Pemodelan Partial Shading Vertikal 0% - 100%

Tabel 7. Pengujian dengan Partial Shading Secara Vertikal dengan Irradiance 1000 W/m²

Pemodelan Shading	0%	25%	50%	75%	100%
Arus (Ampere)	0.45	0.41	0.27	0.14	0.13
Tegangan (Volt)	19.86	15.47	16.25	14.99	13.03
Daya (Watt)	8.937	6.3427	4.3875	2.0986	1.6939

Tabel 8. Pengujian dengan Partial Shading Secara Vertikal dengan Irradiance 750 W/m²

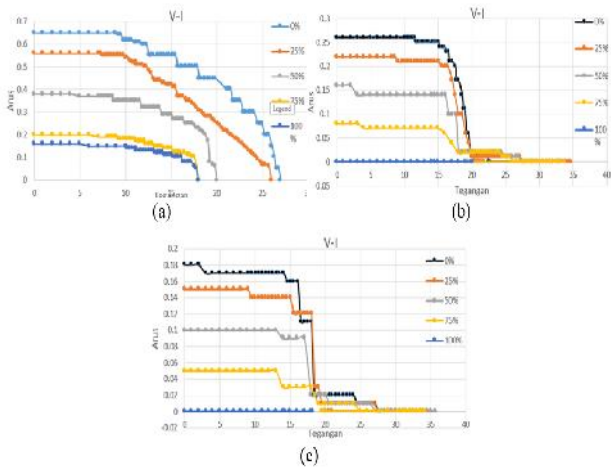
Pemodelan Shading	0%	25%	50%	75%	100%
Arus [A]	0.24	0.2	0.02	0.02	0
Tegangan [V]	15.97	16.5	24.48	24.09	0
Daya [W]	3.8328	3.3	0.4896	0.4818	0

Tabel 9. Pengujian dengan Partial Shading Secara Vertikal dengan Irradiance 500 W/m²

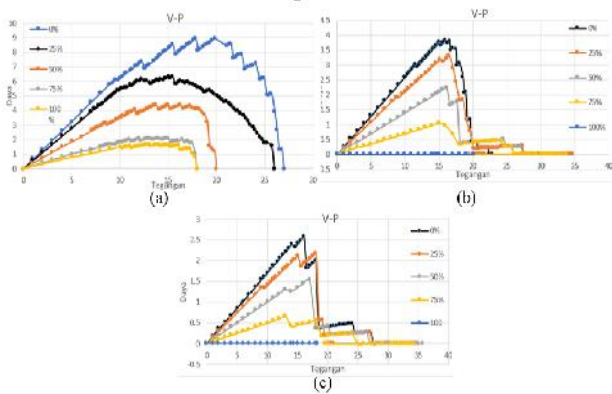
Pemodelan Shading	0%	25%	50%	75%	100%
Arus (Ampere)	0.16	0.12	0.09	0.05	0
Tegangan (Volt)	16.09	18.06	17	13	0
Daya (Watt)	2.5744	2.1672	1.53	0.65	0

Dari Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan penurunan daya terutama pada pemodelan shading 100% saat irradiance 750 W/m² dan 500 W/m² nilai daya yang dihasilkan tidak ada, hal ini dikarenakan 1 cell pada photovoltaic tertutup 100% sehingga tidak adanya daya yang melewati cell yang tertutup bayangan.

Dari pengujian arus terhadap tegangan dengan pemodelan partial shading secara vertikal dengan variasi irradiance 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² didapatkan bahwa semakin tinggi nilai irradiance, maka jumlah foton meningkat sehingga arus yang dihasilkan juga besar.



Gambar 8. Grafik V-I Pemodelan Partial Shading Secara Vertikal 25% - 100% dengan Irradiance: (a) 1000 W/m² (b) 750 W/m² (c) 500 W/m²



Gambar 9. Grafik V-P Pemodelan Partial Shading Secara Vertikal 25% - 100% dengan Irradiance: (a) 1000 W/m² (b) 750 W/m² (c) 500 W/m²

Pada Gambar 9 menunjukkan penurunan nilai daya dan tegangan pada pemodelan *partial shading* 0% - 100%, penurunan nilai daya dan tegangan ini juga terjadi pada *irradiance* 1000 W/m² dan *irradiance* 500 W/m². Pada *irradiance* 750 W/m² dan 500 W/m² di pemodelan *partial shading* 100% nilai daya dan tegangan yang dihasilkan tidak ada, hal ini dikarenakan 1 cell pada *photovoltaic* tertutup 100% sehingga tidak adanya daya yang melewati cell yang tertutup bayangan.

Hubungan antara P_{input}, A dan *irradiance* ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$P_{input} = I_r \times A$$

$$90 \text{ Watt} = 1000 \times (0,36 \times 0,25)$$

Luas area permukaan *photovoltaic module* yang di beri pemodelan *partial shading* secara vertikal berkurang 5 CM tiap penambahan *partial shading* dari 25% - 100%, yang ditunjukkan pada Tabel 10 beserta hasil perhitungan P_{input} tiap variasi *partial shading* dengan variasi *irradiance* 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m².

Tabel 10. Perbandingan Hasil Perhitungan P_{input} Modul Photovoltaic dengan Pemodelan Partial Shading Secara Vertikal dan Pengurangan Luas Area Permukaan Photovoltaic yang Tersinari

Variasi irradiance (W/m ²)	Variasi partial shading (%)	A (m)	P _{input} (Watt)
1000	25	0.36*0.25	90
	50	0.36*0.2	72
	75	0.36*0.15	54
	100	0.36*0.1	36
750	25	0.36*0.25	67.5
	50	0.36*0.2	54
	75	0.36*0.15	40.5
	100	0.36*0.1	27
500	25	0.36*0.25	45
	50	0.36*0.2	36
	75	0.36*0.15	27
	100	0.36*0.1	18

Nilai efisiensi *photovoltaic* ditunjukkan seperti pada Persamaan 4.

$$\eta = \frac{0,41 \times 15,47}{90}$$

$$\eta = \frac{6,3427}{90}$$

$$\eta = 0,070474\%$$

Hasil perhitungan efisiensi pada percobaan *photovoltaic* tanpa *partial shading* dengan variasi *irradiance* 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² ditunjukkan Tabel 11.

Table 11. Perbandingan Hasil Perhitungan Efisiensi Modul Photovoltaic dengan Partial Shading Secara Vertikal

Variasi irradiance (W/m ²)	Variasi partial shading (%)	A (m)	η (%)
1000	25	0.36*0.25	0.070474
	50	0.36*0.2	0.060938
	75	0.36*0.15	0.038863
	100	0.36*0.1	0.047053
750	25	0.36*0.25	0.048889
	50	0.36*0.2	0.009067
	75	0.36*0.15	0.011896
	100	0.36*0.1	0
500	25	0.36*0.25	0.04816
	50	0.36*0.2	0.0612
	75	0.36*0.15	0.044611
	100	0.36*0.1	0

Tabel 11 Menunjukkan bahwa semakin besar nilai *irradiance* maka daya maksimal *photovoltaic* akan semakin besar.

3.3. Pengujian dengan *Partial Shading* Secara Horizontal

Data yang diambil adalah arus, tegangan dan daya keluaran dari *photovoltaic* dengan pemodelan *partial shading* secara horizontal di mulai dari 25%, 50%, 75% dan 100% berdasarkan Gambar 10.



Gambar 10. Pemodelan *Partial Shading* Horizontal 0% - 100%

Tabel 12. Pengujian dengan *partial shading* secara horizontal dengan *irradiance* 1000 W/m².

Pemodelan <i>Shading</i>	0%	25%	50%	75%	100%
Arus [A]	0.45	0.01	0.01	0.01	0
Tegangan [V]	19.86	6.75	4.75	3.76	0
Daya [W]	8.937	0.0675	0.0475	0.0376	0

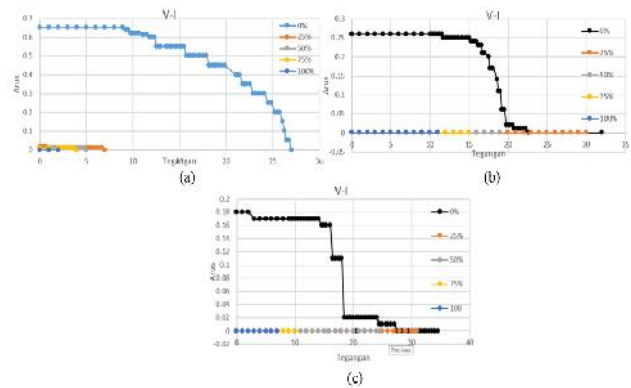
Tabel 13. Pengujian dengan *Partial Shading* Secara Horizontal dengan *Irradiance* 750 W/m²

Pemodelan <i>Shading</i>	0%	25%	50%	75%	100%
Arus [A]	0.24	0	0	0	0
Tegangan [V]	15.97	0	0	0	0
Daya [W]	3.8328	0	0	0	0

Tabel 14. Pengujian dengan *Partial Shading* Secara Horizontal dengan *Irradiance* 500 W/m²

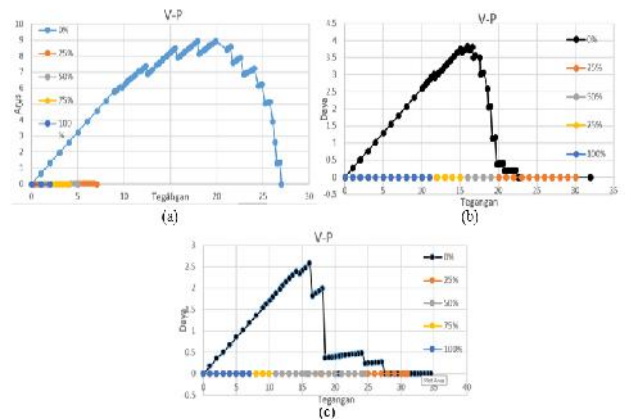
Pemodelan <i>Shading</i>	0%	25%	50%	75%	100%
Arus [A]	0.16	0	0	0	0
Tegangan [V]	16.09	0	0	0	0
Daya [W]	2.5744	0	0	0	0

Dari Tabel 12, Tabel 13 dan Tabel 14 menunjukkan penurunan daya pada saat *irradiance* 750 W/m² dan 500 W/m² nilai daya yang dihasilkan tidak ada, hal ini dikarenakan *photovoltaic* yang terdiri dari beberapa silikon yang diserikan untuk menghasilkan daya yang diinginkan tertutup sehingga tidak adanya daya yang melewati cell yang tertutup bayangan.



Gambar 11. Grafik V-I Pemodelan *Partial Shading* Secara Horizontal 25% - 100% dengan *Irradiance*: (a) 1000 W/m², (b) 750 W/m², (c) 500 W/m²

Dari pengujian arus terhadap tegangan dengan pemodelan *partial shading* secara horizontal dengan variasi *irradiance* 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² didapatkan bahwa semakin tinggi nilai *irradiance*, maka jumlah foton meningkat sehingga arus yang dihasilkan juga besar.



Gambar 12. Grafik V-P Pemodelan *Partial Shading* Secara Horizontal 25% - 100% dengan *Irradiance*: (a) 1000 W/m², (b) 750 W/m², (c) 500 W/m²

Dari pengujian daya terhadap tegangan dengan pemodelan *partial shading* secara horizontal dengan variasi *irradiance* 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² didapatkan bahwa semakin tinggi nilai *irradiance*, maka jumlah foton meningkat sehingga arus yang dihasilkan juga besar maka daya yang dihasilkan juga semakin meningkat.

Hubungan antara P_{input} , A dan *irradiance* ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$P_{input} = I_r \times A$$

$$88.5 \text{ Watt} = 1000 \times (0.295 \times 0.3)$$

Luas area permukaan *photovoltaic module* yang di beri pemodelan *partial shading* secara horizontal berkurang 6.5 CM tiap penambahan *partial shading* dari 25% - 100%, yang ditunjukkan pada Tabel 15 beserta hasil perhitungan P_{input} tiap variasi *partial shading* dengan variasi *irradiance* 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m².

Tabel 15 Perbandingan Hasil Perhitungan P_{input} Modul Photovoltaic dengan Pemodelan Partial Shading Secara Horizontal dan Pengurangan Luas Area Permukaan Photovoltaic yang Tersinari

Variasi irradiance (W/m ²)	Variasi partial shading (%)	A (m)	P _{input} (Watt)
1000	25	0.295*0.3	88.5
	50	0.23*0.3	69
	75	0.165*0.3	49.5
	100	0.1*0.3	30
750	25	0.295*0.3	66.375
	50	0.23*0.3	51.75
	75	0.165*0.3	37.125
	100	0.1*0.3	22.5
500	25	0.295*0.3	44.25
	50	0.23*0.3	34.5
	75	0.165*0.3	24.75
	100	0.1*0.3	15

Nilai efisiensi *photovoltaic* ditunjukkan seperti pada Persamaan 4.

$$\eta = \frac{I_m \times V_m}{P_{input}}$$

$$\eta = \frac{0.01 \times 6.75}{88.5}$$

$$\eta = \frac{0.0675}{88.5}$$

$$\eta = 0.000763\%$$

Hasil perhitungan efisiensi pada percobaan *photovoltaic* tanpa *partial shading* dengan variasi *irradiance* 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² ditunjukkan Tabel 16.

Table 16 Perbandingan Hasil Perhitungan Efisiensi Modul Photovoltaic dengan Pemodelan Partial Shading Secara Horizontal

Variasi irradiance (W/m ²)	Variasi partial shading (%)	A (m)	η (%)
1000	25	0.36*0.235	0.000763
	50	0.36*0.17	0.000688
	75	0.36*0.105	0.00076
	100	0.36*0.4	0
750	25	0.36*0.235	0
	50	0.36*0.17	0
	75	0.36*0.105	0
	100	0.36*0.4	0

500	25	0.36*0.235	0
	50	0.36*0.17	0
	75	0.36*0.105	0
	100	0.36*0.4	0

Tabel 16 Menunjukkan bahwa semakin besar nilai *irradiance* maka daya maksimal *photovoltaic* akan semakin besar.

3.4. Pengujian dengan Partial Shading Secara Diagonal

Data yang diambil adalah arus, tegangan dan daya keluaran dari *photovoltaic* dengan pemodelan *partial shading* secara diagonal di mulai dari Step 1 - Step 5 berdasarkan Gambar 13.



Gambar 13. Pemodelan Partial Shading Diagonal Step 0 – Step 5

Tabel 17. Pengujian dengan Partial Shading Secara Diagonal dengan Irradiance 1000 W/m²

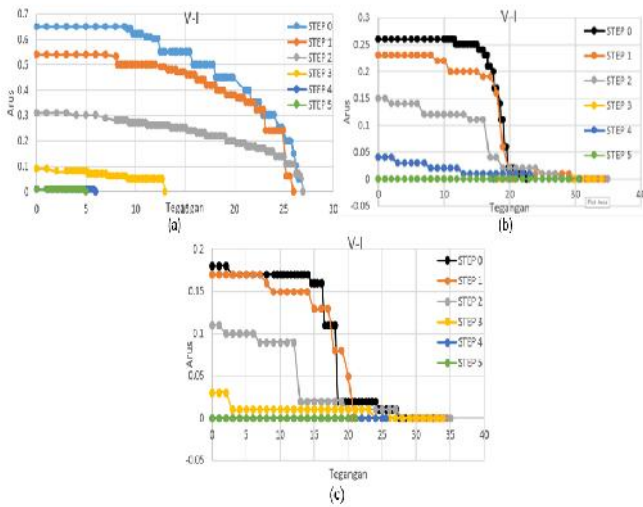
Pemodelan Shading	Step 0	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Arus (Ampere)	0.45	0.37	0.22	0.05	0.01	0.01
Tegangan (Volt)	19.86	20.96	19.07	12.75	5.75	4.76
Daya (Watt)	8.937	7.755	4.195	0.637	0.057	0.047
		2	4	5	5	6

Tabel 18. Pengujian dengan Partial Shading Secara Diagonal dengan Irradiance 750 W/m²

Pemodelan Shading	Step 0	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Arus (Ampere)	0.24	0.19	0.11	0.02	0.02	0
Tegangan (Volt)	15.97	17	16	12	12	0
Daya (Watt)	3.8328	3.23	1.76	0.24	0.24	0

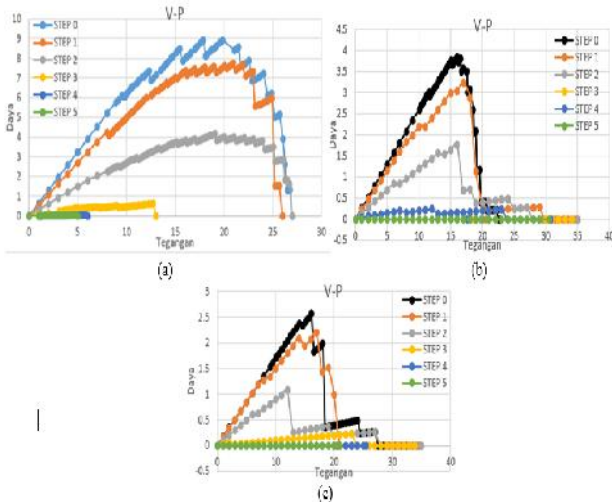
Tabel 19. Pengujian dengan Partial Shading Secara Diagonal dengan Irradiance 500 W/m²

Pemodelan Shading	Step 0	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
Arus (Ampere)	0.16	0.13	0.09	0.01	0	0
Tegangan (Volt)	16.09	17	12	23	0	0
Daya (Watt)	2.5744	2.21	1.08	0.23	0	0



Gambar 14. Grafik V-I Pemodelan Partial Shading Secara Diagonal Step 0 – Step 5 dengan Irradiance: (a) 1000 W/m² (b) 750 W/m² (c) 500 W/m²

Pada Gambar 14 menunjukkan penurunan nilai arus dan tegangan pada pemodelan *partial shading* step 0 – step 5, terutama pada pemodelan *partial shading* step 5 pada irradiance 750 W/m² dan 500 W/m² nilai arus dan tegangan yang dihasilkan tidak ada, hal ini dikarenakan cell pada *photovoltaic* tertutup sehingga tidak adanya daya yang melewati cell yang tertutup bayangan.



Gambar 15. Grafik V-P Pemodelan Partial Shading Secara Diagonal Step 0 – Step 5 dengan Irradiance: (a) 1000 W/m² (b) 750 W/m² (c) 500 W/m²

Pada Gambar 15 menunjukkan penurunan nilai daya dan tegangan pada pemodelan *partial shading* step 0 – step 5, penurunan nilai daya dan tegangan ini juga terjadi pada

irradiance 1000 W/m² dan irradiance 750 W/m². Pada irradiance 750 W/m² dan 500 W/m² di pemodelan *partial shading* step 5 nilai daya dan tegangan yang dihasilkan tidak ada, hal ini dikarenakan cell pada *photovoltaic* tertutup sehingga tidak adanya daya yang melewati cell yang tertutup bayangan.

Hubungan antara P_{input}, A dan irradiance ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$P_{input} = I \times A$$

$$10348.75 \text{ Watt} = 1000 \times (10.34875)$$

Luas area permukaan *photovoltaic module* yang di beri pemodelan *partial shading* secara horizontal berkurang tiap penambahan *partial shading* dari step 0 – step 5, yang ditunjukkan pada Tabel 20 beserta hasil perhitungan P_{input} tiap variasi *partial shading* dengan variasi irradiance 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m².

Tabel 20. Perbandingan Hasil Perhitungan P_{input} Modul Photovoltaic dengan Pemodelan Partial Shading Secara Diagonal dan Pengurangan Luas Area Permukaan Photovoltaic yang Tersinari.

Variasi irradiance (W/m ²)	Variasi partial shading	A (m)	P _{input} (Watt)
1000	Step 1	10.34875	10348.75
	Step 2	9.675	9675
	Step 3	8.69875	8698.75
	Step 4	7.42	7420
	Step 5	5.83875	5838.75
750	Step 1	10.34875	7761.5625
	Step 2	9.675	7256.25
	Step 3	8.69875	6524.0625
	Step 4	7.42	5565
	Step 5	5.83875	4379.0625
500	Step 1	10.34875	5174.375
	Step 2	9.675	4837.5
	Step 3	8.69875	4349.375
	Step 4	7.42	3710
	Step 5	5.83875	2919.375

Nilai efisiensi *photovoltaic* ditunjukkan seperti pada Persamaan 4.

$$\eta = \frac{0.37 \times 20.96}{10348.75}$$

$$\eta = \frac{7.7552}{10348.75}$$

$$\eta = 0.00075\%$$

Hasil perhitungan efisiensi pada percobaan *photovoltaic* dengan *partial shading* secara diagonal dengan variasi irradiance 1000 W/m², 750 W/m² dan 500 W/m² ditunjukkan Tabel 4.20.

Table 21. Perbandingan Hasil Perhitungan Efisiensi Modul Photovoltaic dengan Pemodelan Partial Shading Secara Digoal

Variasi irradiance (W/m ²)	Variasi partial shading	A (m)	η (%)
1000	Step 1	10.34875	0.00075
	Step 2	9.675	0.00043
	Step 3	8.69875	0.00007
	Step 4	7.42	0.00001
	Step 5	5.83875	0.00001
750	Step 1	10.34875	0.00042
	Step 2	9.675	0.00024
	Step 3	8.69875	0.00004
	Step 4	7.42	0.00004
	Step 5	5.83875	0.00000
500	Step 1	10.34875	0.00043
	Step 2	9.675	0.00022
	Step 3	8.69875	0.00005
	Step 4	7.42	0.00000
	Step 5	5.83875	0.00000

Tabel 4.20 Menunjukkan bahwa semakin besar nilai irradiance maka daya maksimal photovoltaic akan semakin besar.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa penelitian dengan judul modul praktikum penyinaran sebagian dan penuh pada photovoltaic jenis monocrystalline, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Photovoltaic jenis monocrystalline mendapat foton dari lampu halogen 50 W 220 V, di pasang secara paralel berjumlah 20 buah dengan total daya 1000 W.
2. Semakin tinggi nilai irradiance, maka jumlah foton meningkat sehingga arus yang dihasilkan juga besar.
3. Dengan variasi pemodelan partial shading 0% - 100% daya yang dihasilkan menurun.
4. Daya keluaran pada pemodelan secara horizontal lebih rendah dikarenakan silikon yang terpasang secara seri tertutup bayangan sehingga tidak adanya daya yang melewati cell.

Referensi

[1]. Mazhar, Supriono, Studi Kinerja Sistem Fotovoltaik Untuk Penerangan Menggunakan Led, Universitas Mataram, 2008.

[2]. Diputra. Wibeng, Simulator Algoritma Pendeteksi Kerusakan Modul Surya Pada Rangkaian Modul Surya, Ft Elektro Ui, 2008.

[3]. Kurniawan. Singgih, Maximum Power Point Tracking (Mppt) Dengan Konverter Dc-Dc Tipe Cuk Menggunakan Metode Logika Fuzzy Pada Fotovoltaik, Ft Elektro Universitas Diponegoro, 2012.

[4]. Istiyono. Edi, Analisis Tegangan Elemen Foto Voltaik Dengan Variasi Daya Dan Jarak Sumber

Cahaya, Jurnal Penelitian Sainstek, Vol.9, No.1, April 2004.

[5]. Muhaimin, Teknologi Pencahayaan, Pt Refika Aditama, 2001.

[6]. Wibiyanti, Puspa Indah. Kajian Pencahayaan Pada Industri Kecil Pakaian Jadi Dan Pembuatan Tas Di Perkampungan Industri Kecil, Penggilingan Tahun 2008, Fkm Universitas Indonesia, 2008.

[7]. <http://www.panelsurya.com/index.php/id/panel-surya-solar-cells/solar-cells-panel-guide>. April 2014

[8]. Alberto, Dolara. George Cristian Lazaroiu. Sonia Leva. & Giampaolo Manzolini. *Experimental Investigation Of Partial Shading Scenarios On PV (Photovoltaic) Modules*. SciVerse ScienceDirect, 2013.

[9]. Sodiarno, Supartono., Anita Supartono, & Luki Matias Kurniawan. (2010).Perancangan Prototip Solar Water Pump System, Bandung: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, 2010.

[10]. FERNIAWAN, Dedi. Kajian Potensi Pembangkit Listrik Energi Surya Dalam Menunjang Program Agropolitan Di Provinsi Gorontalo, Universitas Negeri Gorontalo, 2014.

[11]. Idris, Moch Aqsa. Pemodelan Dan Simulasi Karakteristik Modul Fotovoltaik Berteknologi CIGS Dengan Menggunakan Software Matlab Simulink. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, 2014.

[12]. <http://saranabelajar.wordpress.com/2010/02/18/karakteristik-beban-pada-sistem-arus-listrik-bolak-balik-ac/>. Juni 2014

[13]. Mubarak, Fajar Romi Al. Rancang Bangun Modul Perangkat Keras Konveyor Berbasis Programmable Logic Controller. FT UNDIP 2008

[14]. Muchammad & Eflita Yohana. Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Module 50 Watt Peak Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor Dengan Variasi Sudut Reflektor 0°, 50°, 60°, 70°, 80°. FT UNDIP 2010.

[15]. <http://solarsuryaindonesia.com/info/mengenal-teknologi-solar-pv>. Juni 2014.