



## Kinerja modul surya melalui variasi solar collector dan kecepatan angin

### *The performance of photovoltaic through application of solar collector and wind speed variations*

H.S. Tira<sup>\*1</sup>, A. Natsir<sup>2</sup>, T. Putranto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 087878580219

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia.

\*E-mail: [hendrytira@unram.ac.id](mailto:hendrytira@unram.ac.id)

---

#### ARTICLE INFO

#### ABSTRACT

---

##### Article History:

Received 27 February 2019

Accepted 17 August 2019

Available online 1 April 2020

---

##### Keywords:

Photovoltaic

Solar reflector

Wind speed

Efficiency



Solar energy has been developed in wide areas because of its potential to replace the current classic energy, fossil fuel. The advantages of solar energy are cheap and clean. To generate solar energy, photovoltaic is used. There are some factors affects the performance of photovoltaic. Some of them are the amount of light beam received and the temperature of the photovoltaic surface. This research was done to get a better understanding of the factors on the photovoltaic performance. In order to reach the goal, two different solar reflector areas and wind velocity were applied. The wind source is coming from a blower while the solar reflector was made from glass. The results showed that the watt peak, powerpoint power maximum ( $P_{MPP}$ ), and output efficiency were increased by the application of larger solar reflectors and high wind velocity. Larger reflector application resulted in sunlight can be focused directly on the solar panel, therefore, increasing the watt peak. Meanwhile, higher wind speed on the solar panel surface can reduce the solar panel surface temperature which leads to the improvement in maximum output efficiency.

---

*Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 10, No. 1 April 2020, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

## 1. PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan energi yang sangat potensial karena ramah lingkungan, sehingga apabila energi ini dapat dikelola dengan baik, diharapkan kebutuhan masyarakat akan energi dapat terpenuhi. Untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik dapat menggunakan *photovoltaic*. Material utama yang digunakan dalam pembuatan *photovoltaic* yaitu silikon, tetapi material yang lain juga dikembangkan dengan tujuan mereduksi (meminimalkan) harga dan untuk meningkatkan efisiensi.

Telah diketahui bahwa efisiensi modul surya sangat rendah, Strong dan Scheller (1987). Dampak dari efisiensi sel surya yang rendah ini, berpengaruh pada hasil *output* daya listrik pada panel surya. Perlu upaya untuk mengoptimalkan output daya listrik modul surya agar efisiensinya meningkat. Salah satu solusi yang memungkinkan yaitu dengan menambah jumlah cahaya yang mengenai permukaan modul surya dengan bantuan *solar reflector*, Tira dkk. (2017), Tira dkk. (2018) Menggunakan *solar reflector*, memungkinkan jumlah sinar matahari yang jatuh pada area permukaan modul surya lebih banyak, dan hal ini menyebabkan output daya listrik yang dihasilkan lebih besar sekaligus menaikkan efisiensi, Sidopekso dan Febriyanti (2010).

Demikian pula kecepatan tiup angin di sekitar lokasi sel surya dapat membantu menjaga temperatur kaca-kaca sel surya tetap rendah sehingga temperatur kerja sel surya tetap optimal. Keadaan atmosfer bumi seperti berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari PV, Jastrzëbska (2011).

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi pada penelitian ini adalah, Santoso (2012), bertempat di Laboratorium Energi Baru Dan Terbarukan Universitas Mataram. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan cara mengukur parameter arus dan tegangan untuk menggambarkan karakteristik I-V panel PV. Disamping itu juga menganalisis pengaruh temperatur terhadap karakteristik panel PV. Karakteristik ditinjau dari beberapa faktor pengukuran pada dua panel PV yang berbeda. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah efisiensi 10,78 % untuk panel monokristal sedangkan panel surya jenis polikristal efisiensinya 7,71 %. Penelitian ini tidak membahas masalah eksergi pada panel PV.

Pada penelitian Muchammad dan Yohana (2010) diujikan *PV module* tanpa reflektor pada posisi yang tetap/horizontal terhadap bumi, dan pengukuran terhadap *Photovoltaic module* yang diberi reflektor dengan variasi sudut  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan suhu diikuti dengan kenaikan daya dan efisiensi. Daya maksimal yang dicapai yaitu pada pengujian menggunakan reflektor sudut  $70^\circ$  sebesar 53,67 Watt dengan Efisiensi 15,66% pada pukul 11:45 WIB.

Dari penelitian di atas dan beberapa penelitian sebelumnya belum pernah membahas tentang pengaruh luasan solar reflector dan kecepatan angin. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan intensitas cahaya dengan menambah *solar reflector* terhadap *output* arus-tegangan (I-V) modul surya. Demikian juga pengaruh perubahan kecepatan angin terhadap *output* arus-tegangan (I-V) modul surya.

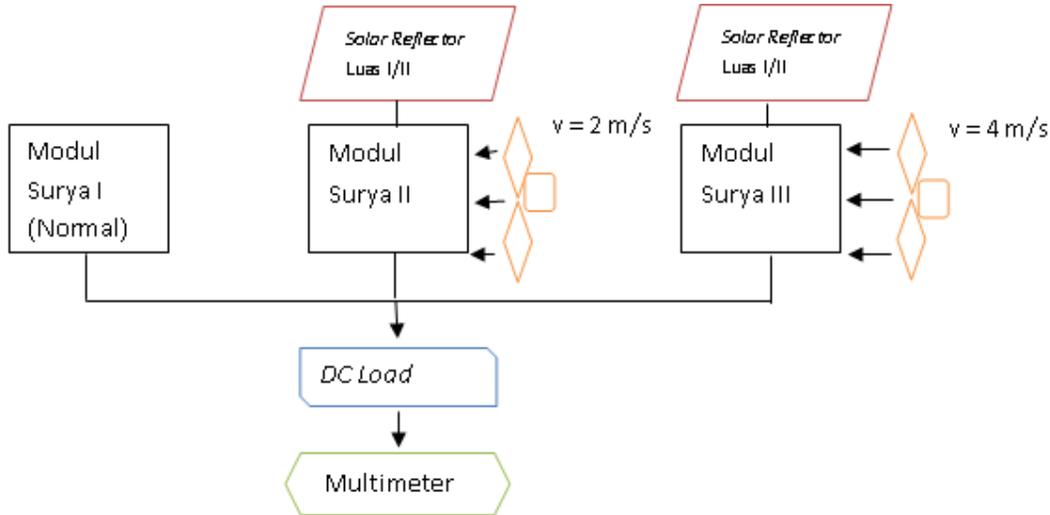
## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan beberapa alat seperti *Pyranometer* yang dilengkapi dengan *software HOBOWare* dan digunakan untuk mengetahui nilai radiasi matahari. *Blower*, digunakan untuk menghembuskan angin dengan kecepatan rata-rata 2 m/s dan 4 m/s. *Digital Thermometer* dan *Thermocouple*, digunakan untuk mengetahui besarnya temperatur modul surya dan temperatur *ambient*. Adapun panel surya yang digunakan adalah PV *Polycrystalline* Produk SHARP ND-T065M1.

Beberapa data yang dicatat adalah sebagai berikut: tegangan maksimum ( $V_{MPP}$ ), arus maksimum ( $I_{MPP}$ ), temperatur belakang panel surya ( $T_m$ ), radiasi matahari ( $S_T$ ), kecepatan angin ( $v$ ), temperatur sel surya ( $T_{sel}$ ), dan kecepatan angin ( $v$ ) pada *blower* (2 m/s, dan 4 m/s). *Solar reflector* yang digunakan mempunyai luas I = 39,25 cm x 67 cm, dan luas II = 78,5 cm x 67 cm.

Pengujian dilakukan dengan membagi perlakuan menjadi beberapa kondisi, yaitu:

- Kondisi normal, yaitu menempatkan panel pada posisi 1,3 m dari permukaan tanah di tempat penelitian yang arah dan orientasi sudut terhadap matahari telah ditetapkan sebesar  $31^\circ$  menghadap utara.
- Kondisi dengan perlakuan, yaitu dengan menambahkan intensitas cahaya matahari melalui *solar reflector*. Pada pengujian pertama digunakan *solar reflector* dengan luas I dan untuk pengujian selanjutnya menggunakan luas II. Penambahan kecepatan angin dilakukan pada masing-masing pengujian. Pada penggunaan luas I diberikan perlakuan kecepatan angin 2 dan 4 m/s. Hal yang sama juga dilakukan untuk penggunaan luas II, yakni dengan mengatur kecepatan angin sebesar 2 dan 4 m/s. Alat yang digunakan untuk menghembuskan angin yaitu kipas angin (*blower*). Sudut kemiringan *solar reflector* adalah  $90^\circ$ . *Solar reflector* ditempatkan pada sebuah rangka yang terbuat dari kayu dan diposisikan sesuai dengan pergerakan matahari (menyesuaikan arah matahari). Adapun skema penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema pengujian modul surya pada kondisi normal dan dengan perlakuan

Untuk mengetahui besarnya nilai temperatur belakang modul surya ( $T_m$ ), maka dibutuhkan parameter pengukuran sebagai data awal perhitungan. Berikut merupakan metode perhitungan  $T_m$  yang diambil pada hari Minggu 17 April 2016, pukul 09.00 WITA.

$$T_m = \frac{S_T}{E_o} (T_1 \cdot e^{b \cdot v} + T_2) + T_{amb} \tag{1}$$

$$T_m = \frac{401,9 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} \left( (19,6^\circ\text{C} \cdot e^{(-0,223)(0 \text{ m/s})} + 11,6^\circ\text{C}) \right) + 30,5^\circ\text{C} \tag{2}$$

$$T_m = 43,04^\circ\text{C} \tag{3}$$

Adapun untuk menghitung temperature sel surya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_{sel} = T_m + \frac{S_T}{E_o} \Delta T \tag{4}$$

$$T_{sel} = 43,03^\circ\text{C} + \frac{401,9 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} \cdot 3^\circ\text{C} \tag{5}$$

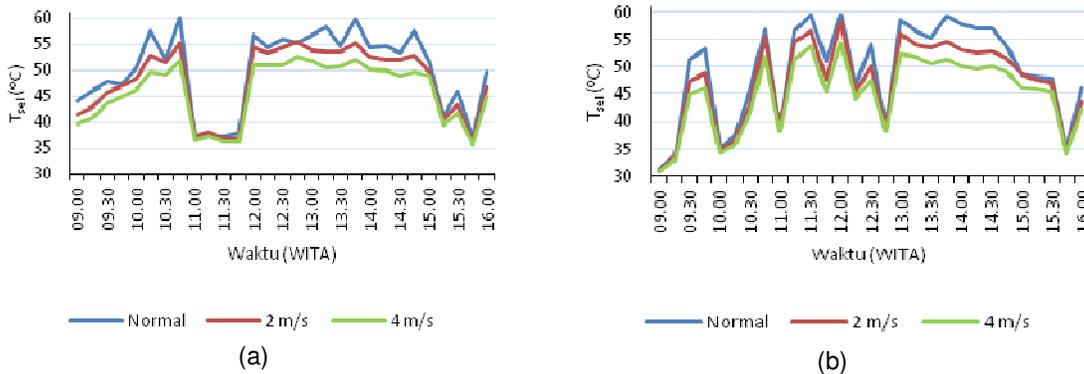
$$T_{sel} = 44,24^\circ\text{C} \tag{6}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisa temperatur belakang modul ( $T_m$ ) dan temperature sel surya ( $T_{sel}$ )

Gambar 2a dan b menunjukkan temperatur sel surya ( $T_{sel}$ ) yang diterima oleh modul surya dengan kondisi kecepatan angin 2 m/s dan 4 m/s lebih kecil dibandingkan dengan kondisi normal. Hal ini dikarenakan modul surya tersebut menerima kecepatan angin dari blower secara konstan. Modul surya terbuat dari bahan semikonduktor yang sensitif terhadap temperatur, sehingga mempunyai sifat menyerap panas, Adityawan (2010). Hembusan angin dari blower membantu dan mempercepat perpindahan panas konvektif. Oleh karena itu semakin besar nilai kecepatan angin yang diterima oleh

modul surya akan menyebabkan penurunan temperatur permukaan belakang modul surya ( $T_m$ ) semakin besar dan menyebabkan  $T_{sel}$  juga semakin rendah.



Gambar 2. Perbandingan temperatur sel surya ( $T_{sel}$ ) untuk masing-masing variabel pada penggunaan *solar reflector*, (a) luas I, dan (b) luas II.

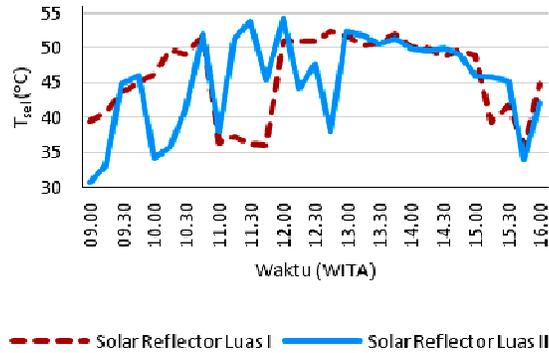
Nilai intensitas radiasi surya ( $S_T$ ) juga berpengaruh pada peningkatan  $T_{sel}$ . Semakin besar nilai intensitas radiasi surya ( $S_T$ ) dan temperatur lingkungan ( $T_{amb}$ ) maka  $T_{sel}$  akan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan radiasi surya ( $S_T$ ) memiliki kandungan energi panas. Panas inilah yang diserap oleh modul surya sehingga menyebabkan kenaikan  $T_m$  dan  $T_{sel}$ .

Pada gambar 2a dan b terlihat bahwa pada saat pengambilan data, yakni pukul 09.00–16.00 WITA terjadi penurunan dan kenaikan pada grafik yang tidak teratur. Kenaikan  $T_{sel}$  dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain keadaan cuaca yang cerah sehingga mempengaruhi peningkatan radiasi surya ( $S_T$ ) yang juga akan meningkatkan temperatur lingkungan ( $T_{amb}$ ). Sedangkan turunnya  $T_{sel}$  bisa disebabkan oleh keadaan cuaca yang tidak bagus (berawan) dimana  $T_{amb}$  turun sehingga radiasi surya ( $S_T$ ) juga turun, Rizali dan Irwandy (2015). Pada gambar 2a, yaitu untuk penggunaan *solar reflector* luas I,  $T_{sel}$  tertinggi terjadi pada pukul 10.45 WITA. Sedangkan nilai  $T_{sel}$  terendah terjadi pada pukul 15.45 WITA. Pada gambar 2, yaitu untuk penggunaan *solar reflector* luas II,  $T_{sel}$  tertinggi terjadi pada pukul 11.30 WITA. Sedangkan nilai  $T_{sel}$  terendah terjadi pada pukul 09.00 WITA.

### 3.2 Analisa perbandingan luasan *solar reflector* terhadap temperatur sel surya ( $T_{sel}$ )

Pada Gambar 3 terlihat bahwa  $T_{sel}$  tertinggi lebih banyak terjadi pada penggunaan *solar reflector* luas I. Hal ini dikarenakan oleh temperatur belakang modul surya ( $T_m$ ) tertinggi lebih banyak terjadi pada modul surya dengan *solar reflector* luas I. Selain itu, faktor radiasi matahari ( $S_T$ ), dan temperatur lingkungan ( $T_{amb}$ ) juga turut mempengaruhi tingginya  $T_{sel}$ , Adityawan (2010).  $S_T$  dan  $T_{amb}$  pada modul surya dengan *solar reflector* luas I banyak terjadi lebih tinggi dibandingkan modul surya dengan *solar reflector* luas II. Oleh karena itu,  $T_{sel}$  modul surya dengan *solar reflector* luas I cenderung lebih tinggi.

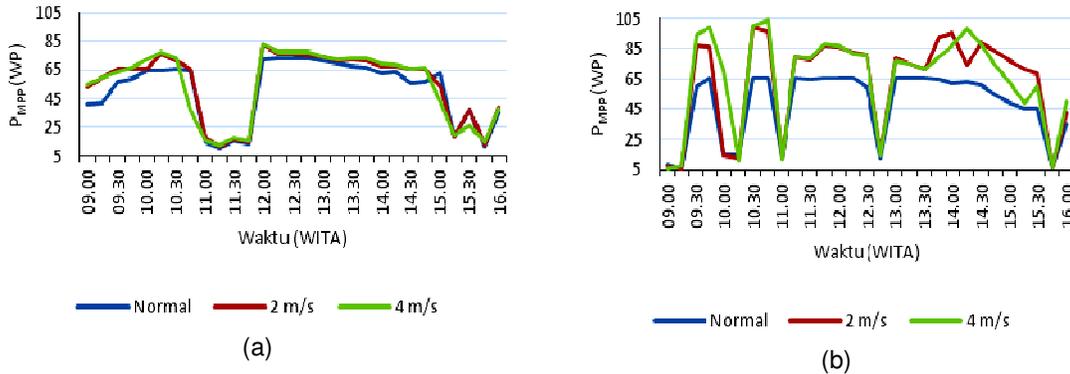
Selama waktu penelitian, hasil pengamatan grafik menunjukkan bahwa modul surya menggunakan *solar reflector* luas I menghasilkan  $T_{sel}$  tertinggi sebanyak 15 kali, sedangkan modul surya menggunakan *solar reflector* luas II,  $T_{sel}$  tertinggi terjadi sebanyak 13 kali. Dalam hal ini perlu ada penelitian lebih mendalam tentang variabel luasan *solar reflector* karena saat ini hasil penelitian baru menyimpulkan bahwa *solar reflector* hanya memantulkan cahaya ke modul surya bukan memantulkan kalor.



Gambar 3. Perbandingan luasan *solar reflector* terhadap temperatur sel surya ( $T_{sel}$ ) pada kecepatan angin ( $v$ ) 4 m/s.

### 3.3 Analisa titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ )

Gambar 4a dan b menunjukkan perbandingan titik daya maksimum pada penggunaan *solar reflector* I dan II.



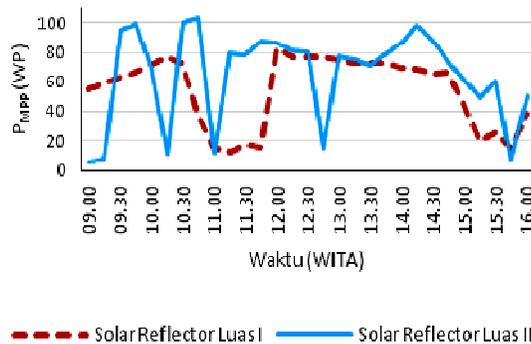
Gambar 4. Perbandingan titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) untuk masing-masing variabel pada penggunaan *solar reflector*; (a) luas I, dan (b) luas II.

Dari gambar 4a dan b, selama waktu penelitian terlihat bahwa titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) modul surya dengan kondisi kecepatan angin 2 m/s lebih tinggi dibandingkan dengan modul surya kondisi normal. Sementara itu pada kecepatan angin 4 m/s nilai titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) lebih tinggi dibandingkan dengan modul surya kondisi lainnya baik pada penggunaan *solar reflector* luas I maupun luas II. Hal ini dikarenakan oleh nilai titik arus maksimum ( $I_{MPP}$ ) dan titik tegangan maksimum ( $V_{MPP}$ ) yang dihasilkan oleh modul surya dengan kecepatan angin 2 m/s dan 4 m/s baik pada penggunaan *solar reflector* luas I dan luas II cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan modul surya kondisi normal. Besarnya nilai  $V_{MPP}$  dan  $I_{MPP}$  akan berpengaruh terhadap kenaikan dan penurunan grafik  $P_{MPP}$ . Muchammad dan Yohana (2010). *Carrier* pada sel surya dibangkitkan oleh cahaya yang meningkat/kuat menyebabkan pergerakan dari elektron menuju ke *N-type* dan pergerakan hole ke *P-type*. Pada kondisi normal, *carrier* akan bergerak ke rangkaian luar dan akan kembali menuju pasangannya. *Carrier* ini disebut sebagai arus yang dihasilkan oleh cahaya. Dengan menggunakan *solar reflector*, *carrier* yang didapatkan akan besar yang menyebabkan  $I_{MPP}$  akan mengalami peningkatan. Pada kondisi selanjutnya, dimana *carrier* ini dicegah untuk bergerak menuju pasangannya, maka akan terjadi pengumpulan elektron pada *N-type* dan *P-type*, yang akan menghasilkan medan listrik baru yang akan melawan medan listrik yang sudah ada pada *junction*. Hal ini memunculkan kondisi seimbang yang baru, dimana timbul tegangan melewati *P-N junction*, Adityawan (2010). Pada penelitian ini, pengaruh dari kecepatan angin yang digunakan akan menurunkan temperatur sel surya, sehingga akan membantu menghasilkan terjadinya medan listrik

baru yang besar dan tentunya  $V_{MPP}$  yang dihasilkan akan meningkat. Semakin tinggi  $V_{MPP}$  dan  $I_{MPP}$  maka  $P_{MPP}$  akan mengalami kenaikan, karena  $P_{MPP}$  adalah hasil kali antara  $V_{MPP}$  dan  $I_{MPP}$ . Pada keadaan cuaca cerah, jika diamati dari nilai *output*-nya, baik nilai  $I_{MPP}$  maupun  $V_{MPP}$  modul surya kondisi normal menghasilkan nilai lebih rendah.

### 3.4 Analisa perbandingan luasan solar reflector terhadap titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ )

Pada gambar 5 terlihat bahwa grafik titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) pada penggunaan solar reflector luas II menghasilkan  $P_{MPP}$  lebih tinggi dibandingkan dengan solar reflector luas I. Hal ini disebabkan karena penggunaan solar reflector luas I modul surya hanya dapat menerima intensitas radiasi matahari 50% atau setengah dari total luas penampang modul surya tersebut karena luasan dari solar reflector luas I adalah setengah dari total luasan modul yaitu 39,25 cm x 67 cm. Sedangkan solar reflector luas II mampu memantulkan intensitas cahaya matahari ke seluruh permukaan modul surya karena luasan solar reflector luas II sama dengan luasan modul surya yaitu 78,5 cm x 67 cm, sehingga modul surya menerima intensitas cahaya matahari 100%.

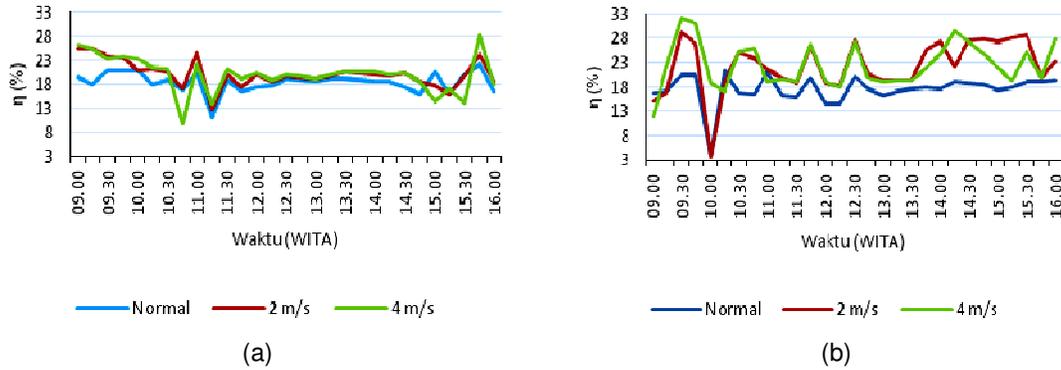


Gambar 5. Perbandingan luasan solar reflector terhadap titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) pada kecepatan angin ( $v$ ) 4 m/s.

Penggunaan solar reflector dengan luasan yang berbeda akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap  $P_{MPP}$ . Semakin besar luasan solar reflector maka  $P_{MPP}$  yang dihasilkan akan semakin besar pula. Hal ini dikarenakan solar reflector memberikan kontribusi terhadap kenaikan titik arus maksimum ( $I_{MPP}$ ). Dengan penambahan luasan solar reflector, modul surya mendapat penguatan intensitas radiasi matahari, sehingga hal tersebut akan menaikkan nilai  $I_{MPP}$  yang diikuti dengan kenaikan  $P_{MPP}$ . Mulyono (2003). Semakin kecil energi cahaya matahari yang diterima sel surya atau intensitas cahayanya melemah maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun, Sunaryo dan Setiono (2014). Namun penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya. Sebaliknya apabila jumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sel surya meningkat maka tegangan dan arusnya akan meningkat pula dan kenaikan arus relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan kenaikan tegangan.

### 3.5 Analisa efisiensi keluaran maksimum ( $\eta$ )

Gambar 6 menunjukkan perbandingan efisiensi keluaran maksimum pada kondisi normal dan setelah diberi kecepatan angin. Pada gambar 6a dan b dapat dilihat bahwa nilai  $\eta$  pada kondisi modul surya diberikan hembusan angin tambahan dari blower lebih tinggi jika dibandingkan dengan kondisi normal. Hal ini dikarenakan titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) yang dihasilkan oleh modul surya kondisi normal cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) yang dihasilkan oleh modul surya dengan perlakuan hembusan angin tambahan. Jadi dapat disimpulkan bahwa titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) sangat berpengaruh terhadap kenaikan dan penurunan grafik  $\eta$  pada gambar 6. Semakin tinggi  $P_{MPP}$  yang dihasilkan pada suatu modul surya dengan radiasi surya ( $S_T$ ) yang sama maka semakin besar daya *output* ( $P_{out}$ ) yang dihasilkan, sehingga nilai  $\eta$  yang diperoleh akan tinggi pula.



Gambar 6. Perbandingan efisiensi keluaran maksimum ( $\eta$ ) untuk masing-masing variabel pada penggunaan *solar reflector*; (a) luas I, dan (b) luas II.

#### 4. KESIMPULAN

1. Penggunaan *solar reflector* pada modul surya dengan luas yang berbeda, yakni luas I dan luas II menghasilkan titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) tertinggi pada kondisi kecepatan angin ( $v$ ) 4 m/s. Demikian pula dengan nilai efisiensi keluaran maksimum ( $\eta$ ) tertinggi terjadi pada kondisi kecepatan angin ( $v$ ) 4 m/s.
2. Kecepatan angin ( $v$ ) yang diterima oleh modul surya berbanding terbalik terhadap temperatur sel surya ( $T_{sel}$ ). Semakin tinggi kecepatan angin ( $v$ ) yang diterima oleh modul surya maka  $T_{sel}$  yang dihasilkan akan semakin rendah.
3. Kecepatan angin ( $v$ ) juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap unjuk kerja modul surya. Semakin tinggi kecepatan angin ( $v$ ) yang diterima oleh modul surya maka semakin tinggi titik tegangan maksimum ( $V_{MPP}$ ) yang dihasilkan, sehingga titik daya maksimum ( $P_{MPP}$ ) dan efisiensi keluaran maksimum ( $\eta$ ) juga akan semakin tinggi pula.

#### DAFTAR NOTASI

- $T_m$  : Temperatur belakang modul surya ( $^{\circ}C$ )  
 $T_{sel}$  : Temperatur sel surya ( $^{\circ}C$ )  
 $T_{amb}$  : Temperatur lingkungan ( $^{\circ}C$ )  
 $S_T$  : Radiasi matahari ( $W/m^2$ )  
 $E_o$  : Intensitas radiasi matahari, kondisi referensi ( $1000 W/m^2$ )  
 $T_1$  : Koefisien empiris dalam menentukan batas atas temperatur pada kecepatan angin rendah ( $^{\circ}C$ )  
 $T_2$  : Koefisien empiris dalam menentukan batas bawah temperatur pada kecepatan angin tinggi ( $^{\circ}C$ )  
 $v$  : Kecepatan angin (m/s)  
 $b$  : Bilangan eksponensial  
 $P_{MPP}$  : Titik daya maksimum (WP)  
 $V_{MPP}$  : Titik tegangan maksimum (volt)  
 $I_{MPP}$  : Titik arus maksimum (ampere)  
 $P_{in}$  : Daya masukan/input (W)  
 $P_{out}$  : Daya keluaran/output (W)  
 $FF$  : Fill factor/faktor pengisian  
 $V_{oc}$  : Open circuit voltage/tegangan rangkaian terbuka (volt)  
 $I_{sc}$  : Short circuit current/arus sirkuit singkat (ampere)  
 $A$  : Luas permukaan sel Surya ( $m^2$ )  
 $\eta$  : Efisiensi keluaran maksimum (%)

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adityawan E., 2010, Studi Karakteristik Pencatu Solar Cell Terhadap Kapasitas Sistem Penyimpan Energi Baterai, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.  
 Jastrzębska F.G., 2011, The Effect of spatial orientation of solar energi receiver on the energetic gain, Jurnal Renewable Energy and Power Quality Journal, 1(9), 484-489.

- Muchammad, Yohana E., 2010, Pengaruh suhu permukaan photovoltaic module 50 Watt peak terhadap daya keluaran yang dihasilkan menggunakan reflektor dengan variasi sudut reflektor 0°, 50°, 60°, 70°, 80°, Jurnal Rotasi, 12(4), 14-18.
- Mulyono D., 2003, Pengaruh penambahan reflector terhadap karakteristik arus-tegangan dan efisiensi sel surya, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rizali M., Irwandy, 2015, Pengaruh temperatur permukaan sel surya terhadap daya pada kondisi eksperimental dan nyata, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV), Banjarmasin.
- Santoso D.P., 2012. Penentuan karakteristik panel surya untuk menghasilkan daya maksimum dengan berbagai faktor pengukuran di laboratorium energi barud dan terbarukan Universitas Mataram, Skripsi, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Sidopekso S., Febriwiyanti A.E., 2010, Studi peningkatan output modul surya dengan menggunakan reflektor, Jurnal Berkala Fisika, 12(3), 101-104.
- Strong S.J., Scheller W., 1987. The Solar electric house: a design manual for home scale photovoltaic power syste, Penerbit Rodale Pr, Massachusetts.
- Sunaryo, Setiono J., 2014, Analisis daya listrik yang dihasilkan panel surya ukuran 216 cm X 121 cm berdasarkan intensitas cahaya, Prosiding Simposium Nasional Teknologi Terapan II, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau.
- Tira H.S., Natsir A., Anwar M.S., 2017, Studi eksperimental pada emulator surya berdasarkan intensitas matahari terhadap unjuk kerja surya 10 Wp tipe polycrystalline, Jurnal Rotasi, 19(4), 237-242.
- Tira H.S., Natsir A., Iqbal M.R., 2018, Pengaruh sudut surya terhadap daya keluaran sel surya 10 Wp tipe polycrystalline, Jurnal Teknik Mesin, 7(2), 69-74.