

# PENGARUH SUHU PERMUKAAN *PHOTOVOLTAIC MODULE 50 WATT PEAK* TERHADAP DAYA KELUARAN YANG DIHASILKAN MENGGUNAKAN REFLEKTOR DENGAN VARIASI SUDUT REFLEKTOR $0^{\circ}$ , $50^{\circ}$ , $60^{\circ}$ , $70^{\circ}$ , $80^{\circ}$

Muchammad\* dan Eflita Yohana

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

\*E-mail: [m\\_mad5373@yahoo.com](mailto:m_mad5373@yahoo.com)

## ABSTRAK

Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang potensial karena energinya yang sangat besar serta ramah lingkungan. Alat yang dapat digunakan untuk mengkonversi secara langsung cahaya matahari menjadi listrik disebut photovoltaic. Pada penelitian ini diujikan Photovoltaic module tanpa reflektor pada posisi yang tetap/horizontal terhadap bumi, dan pengukuran terhadap Photovoltaic module yang diberi reflector 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 derajat sebesar 53,67 Watt dengan Efisiensi 15,66% pada pukul 11:45 WIB.

**Kata kunci:** modul surya, photovoltaic module, temperatur solar cel

## PENDAHULUAN

Energi matahari bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang potensial, terutama dilihat dari sumbernya yang memancarkan energi yang sangat besar serta waktunya yang panjang. Selain itu diharapkan energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan, sehingga apabila energi ini dapat dikelola dengan baik, diharapkan kebutuhan masyarakat akan energi dapat terpenuhi.

Alat yang dapat mengkonversi secara langsung cahaya matahari menjadi listrik disebut *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[9].

*Photovoltaic* dapat bekerja secara optimum dalam kondisi tertentu. Pengoperasian maksimum sel surya sangat tergantung pada temperatur panel surya, radiasi solar, keadaan atmosfer bumi, orientasi panel surya atau *array PV*, serta letak panel surya (*array*) terhadap matahari (*tilt angle*)[4].

Pada paper ini penulis hanya melakukan penelitian tentang pengaruh suhu terhadap titik daya maksimum yang dihasilkan panel surya 50 WP menggunakan *reflector* dengan variasi sudut *reflector*  $50^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$  dan  $70^{\circ}$ .

## DASAR TEORI

### Energi Matahari

Matahari memasok energi ke bumi dalam bentuk radiasi. Tanpa radiasi dari matahari, maka kehidupan di bumi tidak akan berjalan[6]. Setiap tahunnya ada sekitar  $3.9 \times 10^{24}$  Joule  $\sim 1.08 \times 10^{18}$

kWh energi matahari yang mencapai permukaan bumi, ini berarti energi yang diterima bumi dari matahari adalah 10.000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya dan lebih banyak dari cadangan ketersediaan keseluruhan energi yang ada di bumi.

Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dengan matahari. sepanjang tahun, jarak antara matahari dengan bumi bervariasi antara  $1,47 \times 10^8$  km sampai  $1,52 \times 10^8$  km. Akibatnya, *irradiance*  $E_0$  berfluktuasi antara  $1.325 \text{ W/m}^2$  sampai  $1412 \text{ W/m}^2$ . Nilai rata-rata dari *irradiance* ini disebut dengan *solar constant* (konstanta surya)[6]. Konstanta Surya  $E_0 = 1.367 \text{ w/m}^2$

Nilai konstan ini bukanlah besarnya radiasi yang sampai dipermukaan bumi. Atmosfir bumi mereduksi/ mengurangi radiasi matahari tersebut melalui proses pemantulan, penyerapan (oleh ozon, uap air, oksigen dan karbondioksida) dan penghamburan (oleh molekul-molekul udara, partikel debu atau polusi). Untuk cuaca yang cerah pada siang hari, *irradiant* yang mencapai permukaan bumi adalah  $1.000 \text{ w/m}^2$ . Nilai ini relatif terhadap lokasi. *Insolasi* (energi radiasi) maksimum terjadi pada hari yang cerah namun berawan sebagian. Ini karena pemantulan radiasi matahari oleh awan sehingga *insolasi* (energi radiasinya) dapat mencapai  $1.400 \text{ W/m}^2$  untuk periode yang singkat[6].

### *Photovoltaic*

*Photovoltaic* adalah alat yang dapat mengkonversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Kata *photovoltaic* biasa disingkat dengan PV[10]. Bahan semikonduktor seperti *silicon*, *gallium arsenide*, dan *cadmium telluride* atau

*copper indium deselenide* biasanya digunakan sebagai bahan bakunya. *Solar cell crystalline* biasanya digunakan secara luas untuk pembuatan *solar cell* [6].

### Jenis-jenis *solar cell* antara lain:

#### 1. *Single crystalline*

Yaitu kristal yang mempunyai satu jenis macamnya, tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi. Jenis *single crystalline* antara lain:

##### a. *Gallium Arsenide Cell*

*Gallium arsenide cell* sangat efisien dari semua sel, tetapi harganya sangat mahal. Efisiensi dari sel ini mampu mencapai 25 persen

##### b. *Cadmium Sulfide Cell*

*Cadmium sulfide cell* ini merupakan suatu bahan yang dapat dipertimbangkan dalam pembuatan sel surya, karena harga yang murah dan mudah dalam proses pembuatannya

#### 2. *Polycrystalline cell*

*Polycrystalline cell* merupakan kristal yang banyak macamnya, terbuat dari kristal silikon dengan efisiensi 10-12 persen.

#### 3. *Amorphous Silikon Cell*

*Amorphous* berarti tidak memakai kristal struktur atau *non* kristal, bahan yang digunakan berupa proses film yang tipis dengan efisiensi sekitar 4-6 persen

#### 4. *Copper indium diselenide (CIS) cells*

Bahan semikonduktor yang aktif dalam sel surya CIS adalah *copper indium diselenide*. Senyawa CIS sering juga merupakan paduan dengan *gallium* dan / atau *berelang*[7]. Efisiensi 9 persen sampai 11 persen.

#### 5. *Cadmium telluride (CdTe) cells*

Sel surya CdTe diproduksi pada substrat kaca dengan lapisan konduktor TCO transparan biasanya terbuat dari *indium tin oxide* (ITO) sebagai kontak depan. Efisiensi 1 persen hingga 8,5 persen per efisiensi modul.

#### 6. *Dye sensitized*

Prinsip kerja *Dye sensitized* yaitu menyerap cahaya dalam pewarna organik mirip dengan cara di mana tanaman menggunakan klorofil untuk menangkap energi dari sinar matahari dengan fotosintesis[7].

### Perhitungan Daya Masukan dan Daya Keluaran

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (daya input), di mana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang

diterima dengan luas area PV *module* dengan persamaan[10]:

$$P_{in} = I_r \times A \quad (2.1)$$

Keterangan:

$P_{in}$  : Daya Input akibat *irradiance* matahari (Watt)

$I_r$  : Intensitas radiasi matahari ( Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  : Luas area permukaan *photovoltaic module* (m<sup>2</sup>)

Sedangkan untuk besarnya daya pada *solar cell* ( $P_{out}$ ) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ), dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel *Photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2.2)$$

Keterangan:

$P_{out}$  : Daya yang dibangkitkan oleh *solar cell* (Watt),

$V_{oc}$  : Tegangan rangkaian terbuka pada *solar cell* (Volt)

$I_{sc}$  : Arus hubung singkat pada *solar cell* (Ampere)

FF : *Fill Factor*

Nilai FF dapat diperoleh dari rumus:

$$FF = V_{oc} - \ln(V_{oc} + 0.72) / V_{oc} + 1 \quad (2.3)$$

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari *irradiance* matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data[10].

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% \quad (2.4)$$

Sehingga efisiensi yang dihasilkan:

$$\eta \text{ sesaat} = \frac{P}{I_r \times A} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\eta_{\text{sesaat}}$  : Efisiensi *solar cell* (%)

$I_r$  : Intensitas radiasi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$P$  : Daya *output* yang dibangkitkan oleh *solar cell* (Watt)

$A$  : Luas area permukaan *module photovoltaic* (m<sup>2</sup>)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini ditempatkan variabel pengumpulan data meliputi intensitas cahaya matahari ( $I_r$ ), arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ), tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), suhu modul surya ( $T_{sc}$ ), suhu udara ( $T_s$ ), kelembaban udara (RH), kondisi cuaca (cerah, mendung, gerimis). Sedangkan variabel bebasnya yaitu waktu pengukuran (t), dan besar perubahan sudut dari reflektor.

Pengumpulan data dilakukan terhadap:

- Pengukuran terhadap PV modul tanpa reflektor pada posisi yang tetap/ horizontal terhadap bumi, dan pengukuran terhadap PV modul yang diberi *reflector*. Sudut *reflector* diubah menurut variasi sudut perubahan reflektor yang ditentukan dengan tujuan untuk mengetahui sudut reflektor yang memberikan peningkatan daya dan efisiensi terbesar.
- Sudut *reflector* yang dicobakan yaitu 0°, 50°, 60°, 70°, 80°.

## Data Teknis Peralatan dan Alat Ukur yang Dipakai

### 1. Alat Penyangga Solar Cell dan Reflektor

Digunakan sebagai penyangga photovoltaic module dan juga reflektor

### 2. Photovoltaic Module

PV modul yang dipakai pada percobaan ini adalah PV modul dengan tipe ST-50-5M buatan cina yang diproduksi pada tahun 2009. Tipe modul surya ini merupakan tipe *monocrystalline*.

### 3. Multimeter

Multimeter yang digunakan pada pengukuran ini adalah multimeter digital (elektronik) yang dapat digunakan untuk mengukur Ampere, Voltase, dan Ohm (Resistansi). Dalam pengujian ini hanya dibutuhkan teganga dan arus searah

### 4. Thermocouple dan Interface

*Thermocouple* berfungsi mengubah suhu menjadi beda potensial listrik dan dalam hal ini digunakan untuk mengukur suhu modul surya.

*Interface* digunakan untuk akuisisi data dari *thermocouple* yang dibaca oleh sebuah transduser menuju PC/laptop sehingga datanya dapat terbaca

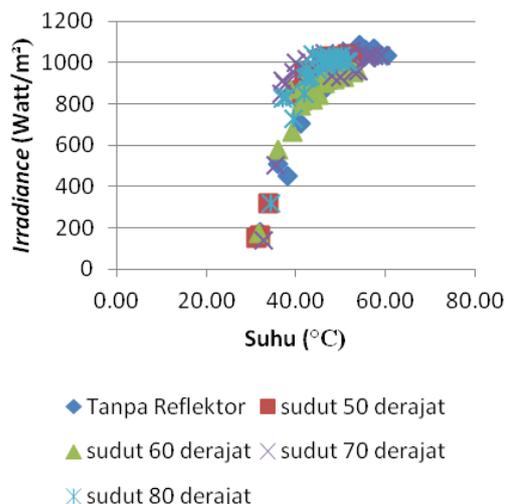
### 5. Solar Power Meter

Solar power meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi matahari.

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

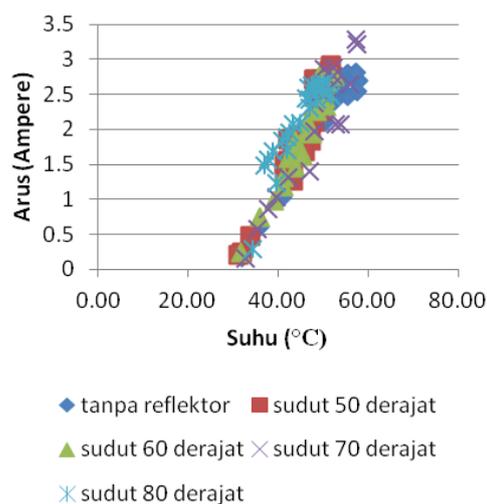
### Hubungan Suhu Terhadap Irradiance

Dari Gambar 1. terlihat bahwa kecenderungan grafik suhu naik seiring dengan kenaikan *irradiance*. Naik Turunnya data ini disebabkan karena kenaikan *irradiance* tidak langsung diikuti kenaikan suhu begitu pula sebaliknya, penurunan *irradiance* tidak langsung diikuti dengan penurunan suhu. Hal ini dikarenakan *irradiance* dapat berubah dengan sangat cepat sedangkan suhu permukaan panel surya butuh waktu untuk turun ataupun naik.



Gambar 1. Suhu Terhadap Irradiance

### Hubungan Suhu Terhadap Arus Hubung Singkat



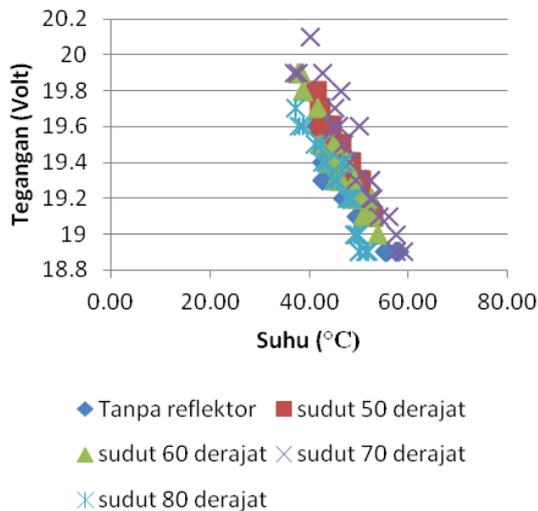
Gambar 2. Suhu Terhadap Arus

Dari grafik tersebut di atas dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik untuk semua variasi sudut reflektor menunjukkan bahwa kenaikan suhu diikuti dengan kenaikan arus. Pada pengujian ini semua variabel seperti arus, tegangan, dan suhu permukaan sangat tergantung pada *irradiance* sehingga apabila persebaran data *irradiance* berfluktuasi, maka variabel yang lain juga ikut berfluktuasi.

### Hubungan suhu Terhadap Tegangan Rangkaian Terbuka

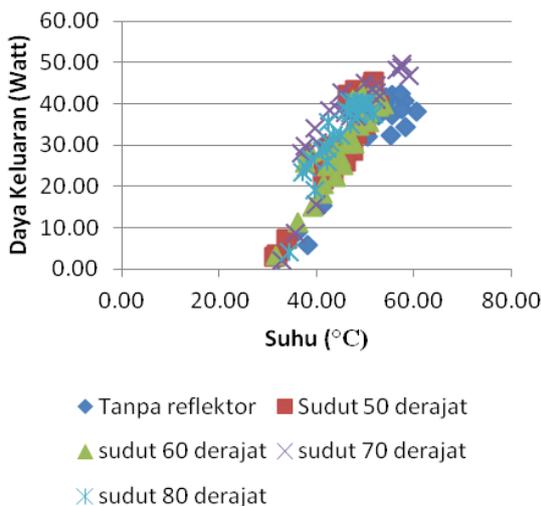
Dari Gambar 3. dapat dilihat bahwa kenaikan suhu mengakibatkan kecenderungan penurunan tegangan. Terlihat pula bahwa kecenderungan penurunan suhu paling ekstrim terjadi pada pengujian tanpa menggunakan reflektor dan dengan menggunakan reflektor sudut 70 derajat. Ini dapat dilihat pada hubungan suhu terhadap *irradiance* dimana *irradiance* tertinggi dicapai pada pengujian

tanpa menggunakan reflektor dan dengan menggunakan reflektor 70 derajat. Hal ini berpengaruh terhadap suhu maksimum yang dicapai panel surya.



Gambar 3. Suhu Terhadap Tegangan

#### Hubungan Suhu Terhadap Daya Keluaran



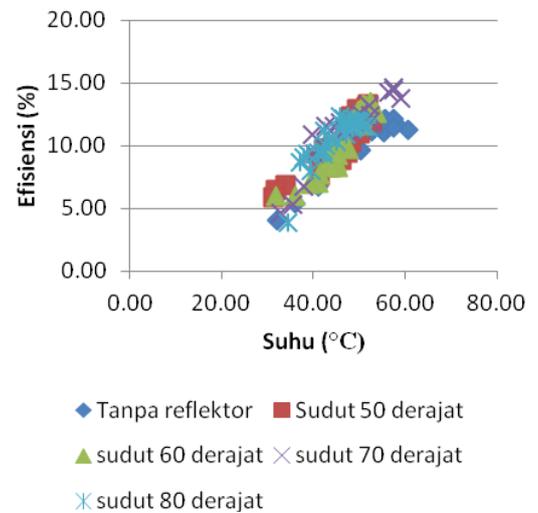
Gambar 4. Suhu Terhadap Daya Keluaran

Dari grafik tersebut di atas dapat dilihat bahwa kenaikan suhu mengakibatkan Daya Keluarannya naik. Kenaikan suhu adalah akibat dari kenaikan *irradiance*, dimana tiap kali *irradiance* meningkat, maka variabel yang lain seperti suhu, arus dan tegangan juga ikut meningkat sehingga dengan sendirinya apabila *irradiance* meningkat maka Daya keluarannya juga meningkat.

#### Hubungan Suhu Terhadap Efisiensi

Dari grafik tersebut di atas dapat dilihat bahwa kenaikan suhu mengakibatkan kenaikan efisiensi. Efisiensi panel surya dihitung berdasarkan berapa daya keluaran dibandingkan dengan daya yang masuk ke panel surya. Jadi semakin banyak energi radiasi yang

dikonversi menjadi daya maka efisiensinya semakin tinggi.



Grafik 5. Suhu terhadap Efisiensi

Terlihat disini bahwa pada suhu antara 30°C sampai dengan 50°C efisiensi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan suhu, namun pada suhu diatas 50°C sampai dengan 58°C efisiensi cenderung menurun. Hal ini dikarenakan kenaikan suhu akan menurunkan tegangan output namun menaikkan arus outputnya. Akan tetapi apabila suhu permukaan panel surya terus naik maka arusnya cenderung konstan namun tegangannya tetap turun sehingga daya keluarannya akan turun. Apabila daya keluarannya turun maka dengan sendirinya efisiensinya juga akan turun.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Kenaikan Suhu mengakibatkan Tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) turun, namun arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) meningkat. Kenaikan suhu adalah akibat dari kenaikan *irradiance*, dimana tiap kali *irradiance* meningkat, maka variabel yang lain seperti suhu, arus dan tegangan juga ikut meningkat sehingga dengan sendirinya apabila *irradiance* meningkat maka Daya keluarannya juga meningkat. Daya keluaran tertinggi dicapai saat pengujian menggunakan reflektor dengan sudut 70 derajat yaitu sebesar 53,67 Watt dengan suhu 46,41°C pada jam 11:45 WIB.

Secara umum, semakin banyak radiasi yang dikonversi menjadi daya, maka efisiensinya akan meningkat. Karena peningkatan suhu diikuti oleh peningkatan daya keluaran, maka semakin meningkatnya suhu juga akan meningkatkan efisiensi. Efisiensi tertinggi dicapai pada pengujian menggunakan reflektor sudut 70 derajat yaitu sebesar 15,65% dengan *irradiance* 1047 Watt/m<sup>2</sup> dengan suhu 46,41°C pada jam 11:45 WIB.

### Saran

Pada saat pengujian, perlu diambil data kecepatan angin dan juga kelembaban agar ada parameter pembandingan apabila ada beberapa data yang tidak sesuai dengan dasar teori.

Saat pengujian *Photovoltaic module* menggunakan reflektor sebaiknya posisi letak *photovoltaic* tegak lurus terhadap arah matahari karena irradiance yang didapatkan dapat maksimal.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Butai, F Daniel., Michael T Miller.2008. Maximum Peak Power Tracker.Wiley Press. New York
2. Duffie, A William, William A Beckman.2008. Solar Engineering Of Thermal Processes. John Wiley & sons. Newyork
3. Lotsch, H.K.V.,2005.Photovoltaic Solar Energy Generation.Springer.Berlin
4. Markvart, Thomas.2000. **Solar Electricity**.John wileys & sons, LTD. United Kingdom.
5. Mintorogo, Danny Santoso.2000."Strategi Aplikasi Sel Surya (*Photovoltaic Cells*) Pada Perumahan dan Bangunan Komersial"Univesitas Kristen Petra. Surabaya
6. Naville, Richacard C. 1995. Solar Energy Conversion. Elsevier. USA
7. Planning And Installing Photovoltaic System. 2008. Earthscan. London
8. Quaschnig, Volker.2005. Understanding Renewable Energy Systems. Earthscan. London.
9. Sen, Zekai.2008. Solar Energy Fundamentals And Modeling Techniques. Springer. Istanbul
10. Wibowo, Riyanto. 2009. "*Studi Penggunaan Solar Reflector Untuk Optimalisasi Output Daya Pada Photovoltaic Modul*". Skripsi universitas Kristen petra. Surabaya.