
PENINGKATAN EFISIENSI MODUL SURYA 50 WP DENGAN PENAMBAHAN REFLEKTOR

Muchammad dan Hendri Setiawan

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Kampus Undip Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

Phone: +62-24-7460059, FAX: +62-24-7460058,

e-mail: m_mad5373@yahoo.com

Abstrak

Potensi energi cahaya matahari sebagai sumber energi terbarukan banyak tersedia di alam. Oleh karena itu, sejak diciptakan sebuah teknologi yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik yang dinamakan sel surya, maka harapan pada pengembangan teknologi ini menjadi sangat besar. Tetapi pada kenyataannya, efisiensi dari sel surya yang ada saat ini masih rendah.

Pada penelitian ini, digunakan 2 buah cermin datar sebagai reflektor yang dipasang di sisi kanan dan kiri dari modul surya dengan tujuan agar memaksimalkan intensitas pancaran matahari, sehingga perolehan daya pada modul surya dapat meningkat dan efisiensinya diharapkan meningkat pula. Pengukuran modul surya dilakukan pada posisi normal dengan bumi dengan mengatur sudut reflektor sebesar 50, 60, 70 dan 80 derajat.

Pada pengujian modul surya 50 WP ini, efisiensi sangat bergantung pada iradiasi, arus hubung singkat dan tegangan rangkaian terbuka.

Kata kunci: energi, reflektor, modul surya, efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Potensi energi cahaya matahari sebagai sumber energi terbarukan banyak tersedia di alam. Oleh karena itu, sejak diciptakan sebuah teknologi yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik yang dinamakan sel surya, maka harapan pada pengembangan teknologi ini menjadi sangat besar. Tetapi pada kenyataannya, efisiensi dari sel surya yang ada saat ini masih rendah [6].

Dampak dari efisiensi sel surya yang rendah ini, berpengaruh pada hasil output daya listrik pada PV *module*. Untuk itu, perlu upaya untuk mengoptimalkan *output* daya PV *module* agar efisiensinya dapat meningkat juga. Salah satunya dengan cara menambah luasan bidang permukaan PV *module*, secara otomatis akan menambah biaya. Oleh karena masih mahalnya harga PV *module* di pasaran, maka solusi untuk menambah luasan bidang permukaan PV *module* bukan pilihan yang baik. Solusi yang memungkinkan yaitu dengan memaksimalkan intensitas sinar matahari yang jatuh ke permukaan PV *module* dengan menggunakan reflektor surya. Dengan menggunakan reflektor surya, maka jumlah sinar matahari yang jatuh pada area permukaan PV *module* akan lebih banyak, dimana hal ini menyebabkan *output* daya yang dihasilkan akan lebih besar. Jadi, dengan adanya peningkatan *output* daya yang dihasilkan, maka efisiensi juga akan meningkat [6].

2. DASAR TEORI

2.1 Radiasi Matahari

Sumber energi terbesar adalah matahari. Setiap tahunnya ada sekitar $3,9 \times 10^{24}$ Joule = $1,08 \times 10^{18}$ kWh dari energi matahari yang mencapai permukaan bumi. Hal ini kira-kira 10000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya dan lebih banyak dari cadangan ketersediaan keseluruhan energi yang ada di bumi. Dengan kata lain, menggunakan 10000 kali energi yang dihasilkan dari cahaya matahari yang datang secara optimal, dapat mencukupi seluruh kebutuhan energi di masa yang akan datang [4].

Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi, tergantung pada jarak antara matahari dengan bumi. Tiap tahun, jarak ini bervariasi antara 1.47×10^8 km dan 1.52×10^8 km. Hasilnya, besar pancaran E_0 naik turun antara 1325 W/m^2 dan 1412 W/m^2 . Nilai rata-ratanya disebut sebagai konstanta matahari [3]:

$$\text{konstanta matahari : } E_0 = 1367 \text{ W/m}^2.$$

2.2 Photovoltaic

Kata '*photovoltaic*' terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *Volta*. *Photo* yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *phos*, *photos*: cahaya) dan *Volta* (berasal dari nama seorang fisikawan Italia yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik. Dengan kata lain, arti *photovoltaic* yaitu proses konversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Oleh karena itu, kata *photovoltaic* biasa disingkat dengan PV [4].

Unjuk kerja dari sel surya ditunjukkan dengan memperhatikan parameter efisiensi. Untuk menunjukkan unjuk kerja sel surya, efisiensi tergantung pada spektrum dan intensitas pancaran cahaya matahari dan suhu sel surya. Oleh karena itu kondisi tersebut harus diperhatikan, jika ingin membandingkan unjuk kerja dari satu sel surya dengan sel surya lainnya. Sel surya yang digunakan untuk aplikasi *terrestrial*, diukur berdasarkan kondisi pada spektrum AM 1,5 pada suhu 25⁰C [2].

Untuk mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan, kita harus terlebih dulu mengetahui daya yang diterima (daya input), dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area PV *module* dengan persamaan:

$$(2.1)$$

Dimana:

P_{in} = Daya input akibat *irradiance* matahari (Watt)

E = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = Luas area permukaan *pv module* (m²)

Sedangkan untuk besarnya daya pada sel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), dengan arus hubung singkat (I_{sc}), dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel *Photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [2]:

$$(2.2)$$

Dimana:

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (Watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (Volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada sel surya (Ampere)

FF = Faktor pengisian

Faktor pengisian merupakan parameter yang menjelaskan kualitas dari sel-sel surya. FF didefinisikan sebagai rasio daya maksimum (MPP) sel surya terhadap daya maksimum teori yang merupakan hasil kali V_{oc} dan I_{sc} [3].

$$(2.3)$$

Untuk sel-sel *crystalline*, faktor pengisiannya berkisar antara 0,75 hingga 0,85 dan untuk sel-sel surya yang tak berbentuk berkisar antara 0,5 hingga 0,7.

Secara teori matematis, besarnya FF dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan [2]:

$$(2.4)$$

Efisiensi yang terjadi pada sel surya merupakan perbandingan antara daya yang dapat dihantarkan oleh sel surya dengan daya yang dipancarkan oleh matahari. Sehingga efisiensi dihitung dari daya (MPP), pancaran matahari (E), dan luas penampang sel surya (A) [3]. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data.

$$(2.5)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini ditetapkan variabel pengumpulan data meliputi iradiasi (E), arus hubung singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), temperatur modul surya (T_{sc}), kondisi cuaca (cerah,

mendung, gerimis). Sedangkan variabel bebasnya yaitu waktu pengukuran (t), dan besar perubahan sudut dari reflektor surya.

Pengumpulan data yang dilakukan sebagai berikut:

- Pengukuran terhadap modul PV tanpa reflektor surya (dengan menggunakan reflektor surya sudut 0 derajat) pada posisi mendatar terhadap normal bumi.
- Pengukuran terhadap modul PV yang diberi reflektor pada sisi kanan dan kiri modul surya. Sudut reflektor dapat diubah-ubah untuk mengetahui berapa besar perubahan daya dan efisiensinya.
- Sudut reflektor yang dicobakan yaitu 50° , 60° , 70° , dan 80° .
- Pengambilan data dilakukan setiap interval 15 menit sekali dari pengujian yang dilakukan dari jam 08.00-16.00 WIB.

3.2 Peralatan dan Alat Ukur yang Dipakai

3.2.1 Alat Penyangga

Alat penyangga digunakan sebagai penyangga reflektor dengan menggunakan cermin datar sebagai reflektornya yang dipasang disisi kanan dan kiri dari modul surya.

3.2.2 Modul PV

Modul PV ini merupakan modul PV tipe ST-50-5M buatan china yang diproduksi pada tahun 2009. Tipe modul surya ini merupakan tipe *monocrystalline*.

3.3.3 Multimeter

Multimeter yang digunakan dalam pengukuran ini adalah multimeter digital (elektronis) yang bisa digunakan untuk mengukur Ampere, Voltase, dan Ohm (Resistansi). Dalam penelitian ini, hanya dibutuhkan untuk mengukur tegangan searah dan arus searah. Tegangan yang diukur dalam pengujian ini merupakan tegangan rangkaian terbuka (Voc), dan arus yang didapat merupakan arus hubung singkat (Isc).

3.3.4 Termokopel dan Interface

Termokopel yang digunakan dalam pengujian ini adalah tipe K dengan panjang masing-masing titik 2-3 meter. Termokopel tipe K cocok untuk pengukuran antara -200°C sampai dengan 1200°C .

Interface digunakan untuk akuisisi data dari termokopel yang dibaca oleh sebuah transduser menuju PC/laptop.

Jenis *interface* yang digunakan dengan tipe 8 port merk Advantech dari DAQ.

3.3.5 Solar Power Meter

Solar meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur tenaga surya.

3.3.8 Kompas

Kompas digunakan untuk menentukan arah penempatan modul surya dan derajatnya yang diukur dari sumbu modul surya agar diperoleh perolehan daya yang maksimal sehingga efisiensinya juga maksimal. Dalam pengujian ini, modul surya ditempatkan ke arah sebelah barat dan timur, sementara reflektor suryanya ditempatkan pada sisi kanan dan kiri dari modul surya atau ke arah sebelah utara dan selatan.

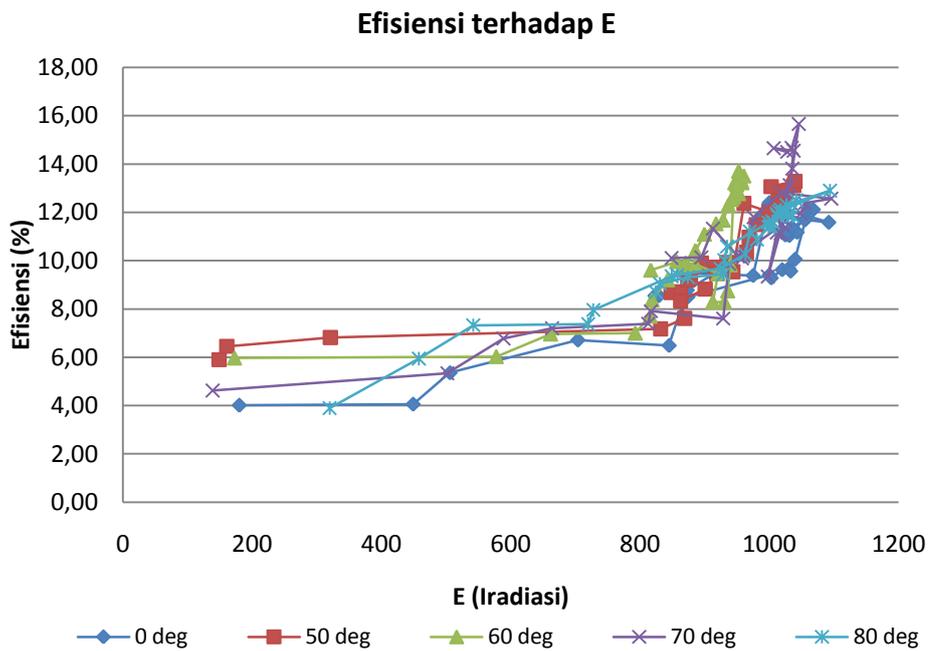
3.3.8 Laptop

Digunakan untuk menampilkan data suhu dari *interface* yang terukur oleh termokopel dan merekam data suhu modul surya tersebut setiap 15 menit sekali pengambilan data.

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

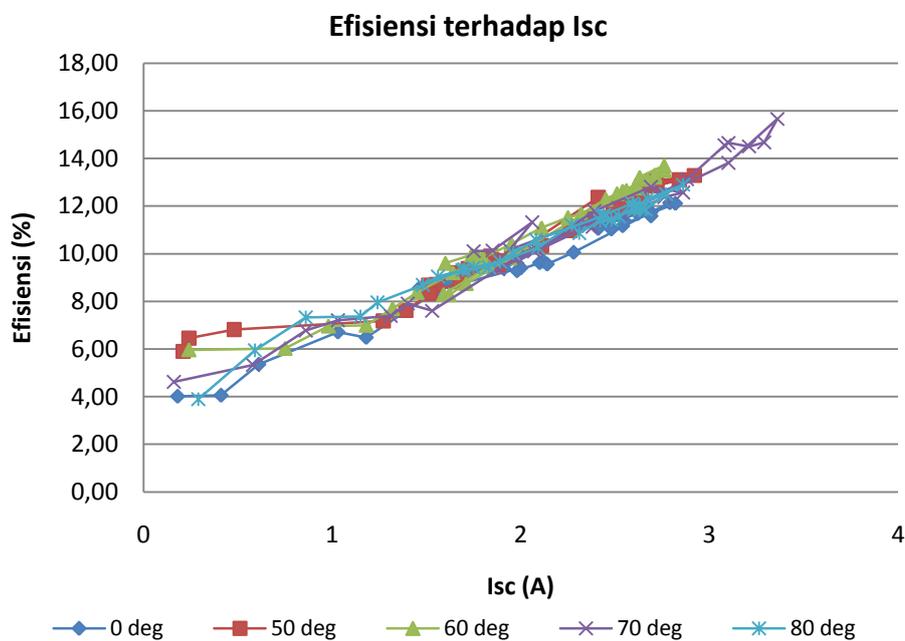
4.1 Analisa Efisiensi terhadap Iradiasi

Dari grafik tersebut, hubungan antara efisiensi dengan iradiasi mula-mula bersifat linear, semakin tinggi efisiensi semakin tinggi pula iradiasinya. Akan tetapi, pada saat sore hari iradiasinya turun drastis, sehingga efisiensinya turun menjadi kecil sekali. Akibatnya dari grafik seperti terlihat eksponensial dan tidak dapat dibuat regresinya.



Grafik 4.1 Efisiensi terhadap Iradiasi

4.2 Analisa Efisiensi terhadap Isc

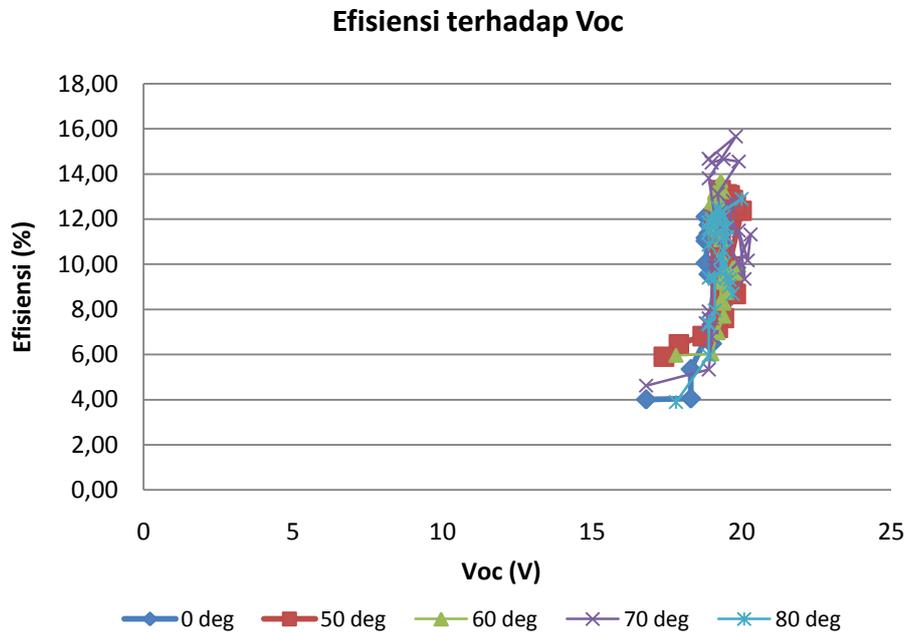


Grafik 4.2 Efisiensi terhadap Isc

Dari grafik tersebut, hubungan antara efisiensi dengan arus hubung singkat bersifat linear, semakin tinggi efisiensi semakin tinggi pula arus hubung singkatnya. Hal ini disebabkan karena arus hubung

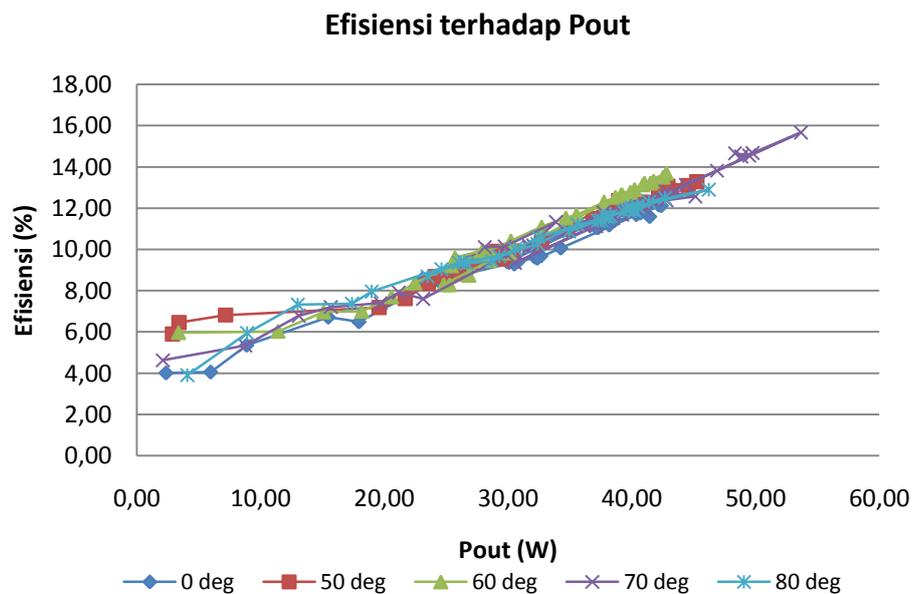
singkat dipengaruhi oleh iradiasi, pada saat iradiasinya naik, maka arus hubung singkatnya naik, sehingga mengakibatkan efisiensinya pun ikut naik.

4.3 Analisa Efisiensi terhadap Voc



Grafik 4.3 Efisiensi terhadap Voc

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada awalnya kenaikan efisiensi diikuti dengan kenaikan tegangan rangkaian terbuka dan grafik yang dihasilkan menunjukkan keadaan awal ini seperti grafik eksponensial. Akan tetapi, pada saat efisiensinya turun drastis, tegangan rangkaian terbuka masih menunjukkan perolehan yang cukup besar. Dalam hal ini, perubahan penurunan efisiensi yang cukup besar hanya diikuti perubahan kecil dari tegangan rangkaian terbuka.



Grafik 4.4 Efisiensi terhadap Pout

Dari grafik tersebut memperlihatkan hubungan antara efisiensi terhadap daya keluaran bersifat linear, semakin tinggi efisiensinya semakin tinggi pula daya keluarannya. Hal ini disebabkan,

karena pada dasarnya daya keluaran bersifat linear dengan arus hubung singkat, dan arus hubung singkat sendiri sangat bergantung pada iradiasi, semakin besar iradiasi akan mempengaruhi besar arus hubung singkat, yang menyebabkan semakin besarnya daya keluaran, dan semakin besarnya efisiensi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 PENUTUP

Dari hasil pengujian peningkatan efisiensi modul surya 50 Wp dengan penambahan reflektor, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi tertinggi pada reflektor 0 derajat sebesar 12,40% pada iradiasi 1000W/m^2 , Isc 2,62A, Voc 19,3V, suhu modul $51,11^{\circ}\text{C}$, daya keluaran 40,61W. Efisiensi tertinggi pada reflektor 50 derajat sebesar 13,28% pada iradiasi 1040W/m^2 , Isc 2,92A, Voc 19,3V, suhu modul $51,84^{\circ}\text{C}$, daya keluaran 45,26W. Efisiensi tertinggi pada reflektor 60 derajat sebesar 13,70% pada iradiasi 953W/m^2 , Isc 2,76A, Voc 19,3V, suhu modul $49,20^{\circ}\text{C}$, daya keluaran 42,78W. Efisiensi tertinggi pada reflektor 70 derajat sebesar 15,66% pada iradiasi 1046W/m^2 , Isc 3,36A, Voc 19,8V, suhu modul $46,41^{\circ}\text{C}$, daya keluaran 53,67W. Efisiensi tertinggi pada reflektor 80 derajat sebesar 12,90% pada iradiasi 1094W/m^2 , Isc 2,86A, Voc 20V, suhu modul $40,98^{\circ}\text{C}$, daya keluaran 46,22.

2. Hubungan antara efisiensi terhadap iradiasi membentuk garis yang mula-mula bersifat linear, tetapi pada saat iradiasinya menurun cepat, efisiensinya menjadi kecil sekali. Hubungan antara efisiensi terhadap Isc bersifat linear, dimana peningkatan arus hubung singkatnya diikuti dengan peningkatan efisiensinya. Hubungan antara efisiensi terhadap tegangan rangkaian terbuka membentuk garis eksponensial, dimana mula-mula peningkatan efisiensinya hanya diikuti dengan perubahan kecil tegangan rangkaian terbukanya, tetapi pada saat sore hari efisiensinya menurun cepat yang diikuti dengan perubahan kecil dari tegangan rangkaian terbukanya. Hubungan efisiensi terhadap daya keluaran bersifat linear, dimana peningkatan efisiensi diikuti dengan peningkatan daya keluarannya.

5.2 SARAN

Sebaiknya menggunakan perekam data (*data logger*) untuk meminimalisir kesalahan pengukuran yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mintorogo, Danny Santoso (2000). *Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) pada Perumahan dan Bangunan Komersial*, dalam Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur, vol. 28, No. 2, Desember 2000, h. 129-141.
- [2] Nji Raden Poespawati dan Arief Udhiarto. *Karakteristik Lapisan Graded Si1-xGex Pada Solar Cell Silikon*, dalam Jurnal Teknologi, Edisi No. 3, September 2004, hal. 207-213.
- [3] *Planning and Installing Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers*. London, Sterling, VA: Earthscan, 2005.
- [4] Quaschnig, Volker. *Understanding Renewable Energy Systems*. London, Sterling, VA: Earthscan, 2005.
- [5] Sidopekso, Satwiko dan Yumanda, Vony. *Pengaruh Penggunaan Cermin Datar Dalam Ruang Tertutup Pada Sel Surya Silikon*, dalam Jurnal Berkala Fisika, Vol. 1, No. 2, April 2010, hal 73-76.
- [6] Wibowo, Hariyanto, 2009. *Studi penggunaan solar reflector untuk optimalisasi output daya pada photovoltaic (pv)*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.