

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS SEL SURYA DENGAN MEMANFAATKAN PARABOLA SEBAGAI KONSENTRATOR

Sigit Iswahyudi, Kun Suharno, Agung Trihasto

Fakultas Teknik, Universitas Tidar Magelang

Jalan Kapten Suparman 39, Magelang

Email: sigit_iswahyudi@yahoo.com

Abstract

Solar cell is engineered to convert photon energy of the sun that the earth get it on terrestrial zone. Usually, in laboratory, solar cell will be irradiated by 1 kW/m^2 constant photon source to standardize the product and photovoltaic energy become the output. The productivity of solar cell then be restricted by the photon energy input.

In this discussion, the productivity of solar cell will be enhanced by using parabolic concentrator. The restriction of input is broken down by raising the intensity of photon radiation.

Key words: *solar radiation, parabolic concentrator, solar cell, photovoltaic energy*

Pendahuluan

Setiap tahunnya Bumi menerima energi dari matahari sebesar $2,2 \times 10^6$ kWh. Energi tersebut 99,9 % atau lebih dari energi yang ada di Bumi (Wakil, 1985). Di Indonesia, potensi energi surya rerata sebesar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ setiap hari, relatif lebih rendah dibandingkan di daerah semi-padang pasir seperti di Bostwana $5,8 \text{ kWh/m}^2$ (Indarto, 2006). Untuk memanfaatkan potensi energi tersebut, dikenal dua macam teknologi yaitu teknologi termal dan teknologi fotovoltaik.

Teknologi termal energi surya biasanya dipergunakan untuk *cooking (solar stove)*, sistem pengering hasil-hasil pertanian dan juga perikanan, pemanas air (*water-heater*). Pemanfaatan untuk pengeringan hasil-hasil pertanian dan perikanan masih sangat terbatas, sedangkan pemanfaatan untuk pemanasan air sudah memasyarakat. Dengan teknologi yang dikembangkan di bidang pengeringan, lama proses pengeringan menjadi lebih singkat (Indarto, 2006). Dengan teknologi yang dikembangkan untuk memanaskan air, suhu pemanasan yang diperoleh menjadi lebih tinggi (Suharno, 2004 dan Fakhurrozi, 2007).

Teknologi fotovoltaik memungkinkan mengubah energi radiasi menjadi gerakan elektron di dalam bahan semikonduktor. Konversi energi fotovoltaik terjadi melalui dua tahap. Pertama, absorpsi energi radiasi meningkatkan tingkat energi pasangan lubang (hole) dan elektron. Selanjutnya, pada tingkat energi tertentu, lubang dan elektron terpisahkan. Elektron bergerak menuju terminal negatif dan lubang menuju terminal positif dari peralatan (Würfel, 2005). Besarnya konversi energi fotovoltaik ditentukan oleh efisiensi sel surya, intensitas radiasi dan panjang gelombang. Semakin tinggi intensitas radiasi yang diterima oleh sel surya, semakin tinggi pula energi yang dikonversikan. Namun demikian, tidak semua rentang panjang gelombang dari radiasi dapat dikonversi menjadi energi fotovoltaik. Hanya pada rentang panjang gelombang $0,3 \mu\text{m}$ hingga $1,1 \mu\text{m}$ saja energi radiasi matahari yang efektif.

Untuk standarisasi produk sel surya, biasanya produsen menggunakan radiasi photon dengan intensitas 1 kW/m^2 . Dari terpaan energi sebesar itu kemudian diperoleh standar *watt peak (Wp)* yang akan diperoleh saat dioperasikan. Kinerja maksimum dari sel surya yang sebenarnya untuk mengubah radiasi matahari menjadi energi fotovoltaik belum diketahui. Oleh karena itu, diperlukan studi lebih mendalam untuk dapat memanfaatkan potensi sel surya secara optimal.

Tulisan ini membahas pemanfaatan konsentrator parabola untuk meningkatkan intensitas radiasi yang diterima oleh sel surya tiap satuan luasnya. Diharapkan dari penelitian ini diperoleh prototipe yang dapat dikembangkan menjadi sistem pembangkit energi matahari yang efisien, fleksibel dalam arti dapat ditempatkan di daerah yang sulit dijangkau, dan ekonomis dalam pembangunannya. Sistem yang diperoleh diharapkan dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih ekonomis jika dibandingkan dengan harga sel surya per satuan luasnya.

Metodologi

a. Parabola

Pada penelitian ini, kelengkungan kerangka parabola yang digunakan diambil dari kelengkungan kerangka antena parabola dengan diameter 10 kaki. Hal ini dilakukan dengan alasan untuk mempermudah mendapatkan lengkungan parabola. Dengan ukuran diameter tersebut, kerangka disusun memanjang sepanjang empat meter. Dengan ukuran tersebut, parabola akan menerima energi matahari sekitar 12 kW yang nantinya akan dipantulkan sebagian ke arah fokus yang telah dipasang sel surya. Sel surya yang dipasang berjumlah delapan unit. Masing-masing unit memiliki kemampuan mengubah sinar matahari 10 WP (pada pengujian standar terpaan energi matahari 1 kW/m^2).

Setelah parabola dipasang pada kerangka, diperoleh persamaan parabola $y = 0,0029x^2$. Panjang bagian pemantul 300,39 cm. Parabola memiliki titik fokus pada $y = 85,96$ cm. Peletakan permukaan sel surya secara perhitungan berada di atas atau di bawah titik fokus sejauh 4,69 cm, disesuaikan dengan lebar sel surya. Dengan posisi sel surya tersebut, maka akan diperoleh penguatan sebesar 12 kali.

b. Pengamatan Panel tanpa Konsentrator

Pengamatan seperangkat sel surya sebanyak delapan panel dalam susunan paralel. Masing-masing panel memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya Shinyoku

Panel Surya 10 Wp	
Kode	20-996
Pmax	10 Wp
Vmp	17 V
Imp	0,59 A
V _{oc}	21,1 V
I _{sc}	0,65 A
Tegangan Maksimum	1000v
Dimensi	396 x 289 x 23 mm
Kondisi uji	AM1 5,25 ⁰ C, 1000 W/m ²

c. Pengamatan Proses Fotovoltaik Energi Radiasi Matahari

Pengamatan radiasi Matahari dilakukan pada siang hari antara jam 09.00 hingga 14.00 WIB. Pada penelitian ini, dibatasi pada pengukuran tegangan terbuka (V_{oc}) dan arus hubung singkat (I_{sc}) serta suhu permukaan panel. Alat yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter tersebut adalah multimeter digital Krisbow KE06-305, multimeter DT 9205A dan termometer digital Krisbow KW 06-278.

d. Pengamatan Panel dengan Konsentrator

Tegangan dan arus luaran hasil fotovoltaik energi radiasi yang sudah dikonsentrasikan disalurkan menggunakan kabel yang disusun secara paralel. Luanan diambil dari sebuah terminal yang berada di tengah. Untuk memposisikan konsentrator agar tepat tegak lurus dengan posisi matahari, bayangan dari sebuah silinder digunakan sebagai acuan. Jika bayang-bayang silinder yang terbentuk mendekati tidak ada (tidak terlihat), berarti konsentrator sudah tegak lurus terhadap posisi matahari. Untuk mempermudah pengukuran, dari terminal luaran disambung kabel tambahan sehingga mudah dijangkau menggunakan alat ukur. Sistem pembangkit yang digunakan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem pembangkit listrik tenaga surya

Hasil dan Pembahasan

a. Pengamatan Panel Surya tanpa Penguatan

Dari hasil pengamatan awal diketahui bahwa suhu panel berpengaruh, namun signifikansi terhadap hasil pengukuran tegangan untai terbuka (V_{oc}) dan arus untai hubung singkat (I_{sc}) belum dapat ditentukan. Hasil pengukuran V_{oc} dan I_{sc} maksimum lebih tinggi dari yang tertera pada pelat panel. Hal ini dimungkinkan karena daya persatuan luas yang diterima oleh panel lebih besar dari 1 kW/m^2 (standar pengukuran kinerja panel surya). Dari hasil pengukuran, cara penyambungan untai berpengaruh pada hasil pengukuran arus, namun tidak pada hasil pengukuran tegangan. Arus maksimum yang diukur mencapai 7,17 A untuk untai paralel sedangkan untuk untai tunggal mencapai 0,93 A.

b. Pengamatan Panel Surya dengan Penguatan

Hasil pengukuran tegangan terbuka (V_{oc}) dan arus hubung singkat (I_{sc}) menunjukkan bahwa untuk panel tunggal diperoleh $V_{oc\text{maks}} = 26,2$ volt dan $I_{sc\text{maks}} = 0,93$ A; untuk panel yang disusun paralel tanpa penguatan diperoleh $V_{oc\text{pmaks}} = 24,8$ volt dan $I_{sc\text{pmaks}} = 7,71$ A; untuk panel yang disusun secara paralel dan diberi penguatan diperoleh $V_{oc\text{ppmaks}} = 15,51$ volt dan $I_{sc\text{ppmaks}} = 16,55$ A.

Penempatan panel surya pada fokus parabola memberikan peningkatan I_{sc} sebesar 1,15 kali atau menjadi 215 % -nya. Hasil ini masih jauh dari yang diharapkan di mana idealnya parabola mampu memberikan penguatan sebesar 10,2 kali (besarnya energi yang dipantulkan 85 % dari energi yang diterima dari Matahari).

c. Luaran Tegangan Terbuka

Tegangan terbuka luaran panel surya pada pelat adalah 21,1 volt pada kondisi pengujian suhu ruang $5,25^{\circ}\text{C}$ dan intensitas energi radiasi 1000 W/m^2 . Dari hasil pengamatan panel tunggal, diperoleh nilai V_{oc} maksimum 26,3 volt, sedangkan untuk panel yang diberi penguatan, diperoleh nilai V_{oc} maksimum adalah 20,1 volt. Dari sini terlihat terjadi penurunan nilai V_{oc} maksimum sebesar 6,2 volt atau 23,57 %. Intensitas energi yang meningkat pada panel surya yang dipasang pada konsentrator juga meningkatkan suhu panel. Peningkatan suhu panel menurunkan nilai V_{oc} maksimum.

d. Daya Luaran

Daya luaran dapat diukur menggunakan metode variasi beban. Namun, hal tersebut hanya mungkin jika luaran dari sel surya stabil yang berarti memerlukan masukan energi radiasi yang besarnya tetap dan stabil. Untuk memperkirakan daya luaran sel surya yang menerima radiasi tidak stabil Persamaan 1 (Markvart dan Castaner, 2006) digunakan.

$$FF = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}} = \frac{P_{\text{max}}}{I_{sc} V_{oc}} \quad (1)$$

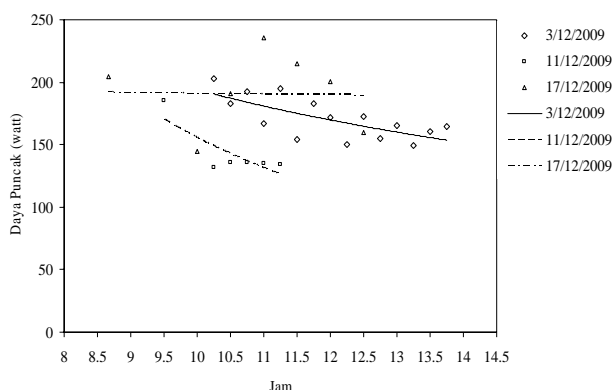
Faktor isi (FF) tergantung pada nilai V_{oc} dan suhu sel surya. Namun, nilai dari FF diperkirakan berkisar antara berkisar antara 0,8 hingga 0,9 (Würfel, 2005). Untuk memperkirakan nilai daya maksimum pada masing-masing pasangan V_{oc} dan I_{sc} hasil pengukuran, dalam perhitungan diasumsikan nilai FF adalah 0,85, maka diperoleh perkiraan daya maksimum yang

dihasilkan dari hasil pengukuran seperti pada Gambar 2.

Untuk memperkirakan nilai energi yang diperoleh selama jam 8.00 hingga 14.00 WIB, fungsi pangkat digunakan sebagai pendekatan. Masing-masing fungsi pendekatan dituliskan pada Tabel 2. Masing-masing fungsi dilukiskan pada Gambar 2.

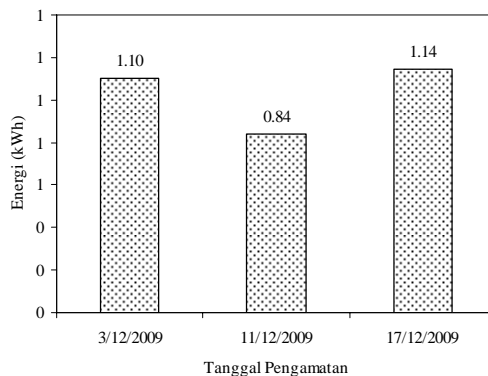
Tabel 2. Fungsi pendekatan daya fotovoltaik

Tanggal pengamatan	Fungsi pendekatan	Jenis garis
3/12/2009	$1049,1x^{-0,733}$	—
11/12/2009	$9300,4x^{-1,7766}$	- - - -
17/12/2009	$207,88x^{-0,365}$	- · - · -



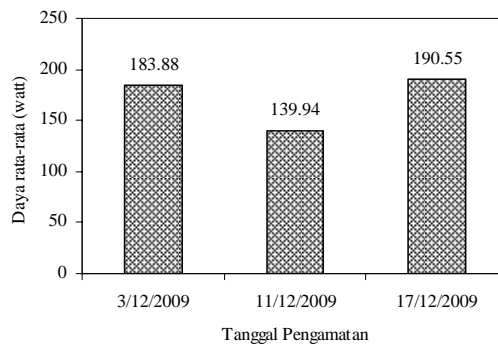
Gambar 2. Daya fotovoltaik

Energi yang diperoleh dalam satu hari pengamatan antara jam 8.00 hingga jam 14.00 diperkirakan dengan mengintegrasikan fungsi pendekatan pada Tabel 2. Dalam bentuk grafik, perbedaan energi dan daya rata-rata yang diperoleh selama pengamatan disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Perkiraan energi fotovoltaik yang dihasilkan dari jam 8.00 hingga 14.00

Panjang efektif konsentrator yang berfungsi untuk meningkatkan intensitas radiasi yang diterima adalah 280 cm atau luasan konsentrator yang efektif untuk meningkatkan intensitas radiasi adalah $84109,2 \text{ cm}^2$. Energi yang dipusatkan sebesar $40,37 \text{ kWh}$ (diperkirakan dari energi matahari yang diterima di Indonesia sebesar $4,8 \text{ kWh/m}^2$, Indarto 2006). Efisiensi maksimum konsentrator diperhitungkan menggunakan energi yang diperoleh dari pengamatan tanggal 17 Desember 2009 sebesar $2,831 \%$.



Gambar 4. Daya rata-rata hasil pengamatan

Daya maksimum rata-rata diperoleh pada tanggal 3 Desember 2009 sebesar 190,55 watt (Gambar 5.3). Pemanfaatan konsentrator parabola untuk meningkatkan intensitas energi photon yang diterima oleh sel surya mampu meningkatkan daya yang dapat diperoleh. Jika daya rata-rata yang diperoleh dari sel surya digunakan WP-nya, dari kedelapan panel akan diperoleh daya rata-rata sebesar 80 watt. Sehingga jika digunakan WP-nya sebagai daya rata-rata, akan diperoleh peningkatan sebesar 138%.

Melalui rekayasa, untuk meningkatkan daya luaran, akan lebih mudah dilakukan dengan cara meningkatkan luasan konsentrator dari pada memperbaiki nilai efisiensinya. Untuk meningkatkan nilai efisiensi konsentrator, perlu proses produksi yang lebih teliti dan perlu penelitian sifat pantulan dari konsentrator secara lebih mendalam sehingga diperoleh konsentrator yang dapat memantulkan energi radiasi dengan panjang gelombang yang diperlukan saja.

Kesimpulan

Konsentrator parabola mampu meningkatkan intensitas energi radiasi yang diterima oleh panel surya persatuan luasnya. Dengan meningkatnya intensitas energi radiasi yang diterima oleh panel surya, energi fotovoltaik yang diperoleh meningkat. Hal ini ditandai dengan meningkatnya arus hubung singkat maksimum yang dihasilkan sebesar 115%. Namun demikian, terjadi penurunan tegangan buka maksimum sebesar 23,57%.

Efisiensi total sistem konsentrator dalam penelitian ini adalah 2,83 %. Hal tersebut ditunjukkan dari jumlah energi fotovoltaik yang dihasilkan sebesar 1,14 kWh di mana jumlah energi yang langsung diterima oleh konsentrator sebesar 40,37 kWh. Pada tahap awal penelitian ini, sistem yang dibuat baru dapat menghasilkan daya rata-rata maksimum (perbandingan dari tiga hari pengukuran) sebesar 190,55 watt. Sistem yang dibangun dapat meningkatkan perolehan energi fotovoltaik sebesar 138%. Untuk mendapatkan daya yang lebih dengan sistem yang serupa, diperlukan penampang parabola yang lebih luas.

Peningkatan luasan penampang parabola akan meningkatkan intensitas energi yang diterima oleh sel surya. Namun, peningkatan intensitas akan diikuti oleh peningkatan suhu yang diterima sel surya dan panel pendukung. Hal tersebut akan menurunkan efisiensi sel surya dan mempengaruhi daya dukung panel.

Untuk meningkatkan efisiensi konsentrator, diperlukan permukaan pantulan yang dapat meningkatkan intensitas energi foton namun dapat mempertahankan suhu panel surya tetap rendah.

Daftar Pustaka

- El-Wakil, M.M., 1985, *Powerplant Technology*, McGraw-Hill Book C, Singapore
- Fakhrurrozi, M. 2007, Pemanfaatan energi radiasi Matahari guna memompa air, *Politeknosains Politama Surakarta*, Jurnal Ilmiah Lintas Teknologi, ISSN:1829-6181 Volume 5, No. 1, Sept. 2006
- Indarto, 2006, *Sumber, Konversi dan Konservasi Energi*, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Markvart T., Castaner L., 2006, *Solar Cells: Materials, Manufacture and Operation*, Elsevier, Great Britain

- Suharno, K., 2004, Pemanfaatan energi radiasi guna memasak air di daerah Kecamatan Lawean Kodia Surakarta, *Politeknosains Politama Surakarta*, Jurnal Ilmiah Lintas Teknolog, ISSN: 1829-6181. Volume 4, No. 1, September 2005
- Würfel, P., 2005, *Physics of Solar Cells*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, KgaA, Weinheim, Federal Republic of Germany