
PERBAIKAN PENENTUAN NILAI FILL FACTOR SEL SURYA DENGAN BANTUAN FITTING DATA DAN TEKNIK MODIFIED REGULAFALSE

By M. TOIFUR

PERBAIKAN PENENTUAN NILAI *FILL FACTOR* SEL SURYA DENGAN BANTUAN *FITTING DATA* DAN TEKNIK *MODIFIED REGULAFALSE*

Moh. Toifur

Alamat: FMIPA-Fisika Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
mtoifur@yahoo.com

Telah dilaku¹ perhitungan faktor pengisian dan efisiensi sel surya dengan memfitting data tegangan-arus (V_i, I_i) menurut persamaan kuadrat $y = ax^2 + bx + c$. Data diambil dari sel surya merek Sanyo SA-3515-4-1201 seluas $3,2 \text{ cm}^2$ yang dipaparkan di depan sumber cahaya lampu bolamp Philips 100W/2¹V sejauh 20 cm.

Arus hubung singkat (I_{sc}) diperoleh dari intersep kurva sedangkan tegangan untai terbuka (V_{oc}) diperoleh dari titik potong kurva terhadap sumbu V . Nilai ini diperoleh melalui salah satu akar persamaan kuadrat yang sesuai yang dihitung secara komputasi dengan metode *modified regulafalse*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *ff* yang diperoleh dari komputasi 37.67% lebih tinggi dari *ff* yang diperoleh dari eksperimen 33.46% yaitu meningkat sebesar 4.21% untuk daya lampu 35.4 W. Hal ini juga berpengaruh pada efisiensinya (η) yaitu meningkat sebesar 6.73% dari 4.91% menjadi 11.64%.

Kata kunci: Sel surya, fill factor, fitting data, modified regulafalse.

PENDAHULUAN

Pentingnya perbaikan parameter sel surya dapat dilakukan dengan pemodelan dan komputasi dengan beberapa metode telah diungkapkan oleh Guliani (2012) dan Chegaar et al (2003), sampai diperoleh output fotovoltaik yang menghasilkan program komputer diberi nama PVCURVE untuk mensimulasi karakteristik arus dan tegangan I - V pada percobaan fotovoltaik sebagai fungsi dari tegangan *open circuit* (V_{oc}), arus *short circuit* (I_{sc}), dan tegangan maksimum dan arus maksimum (V_m, I_m) untuk modul sel surya yang dikenai radiasi cahaya sebesar $1 \text{ kW/m}^2 \cdot 25^\circ \text{C}$. Output program ini adalah kurva I - V dan menentukan daya, arus dan tegangan maksimum (Hamdy,1994).

Perhitungan numerik karakteristik sel surya dengan memfitting data (V, I) menggunakan model eksponensial ganda untuk intensitas cahaya tertentu. Teknik perhitungan yang digunakan adalah Newton-Raphson dengan harapan hasil yang diperoleh menjadi lebih tepat dan lebih teliti (Agchbayar dkk., 1993), dengan Special Trans Function Theory (STFT) dengan menggabungkan metode analitik dan numerik (Singh et al, 2013), dengan menggunakan persamaan J - V secara eksplisit sehingga perhitungan *fill factor* menjadi lebih sederhana (Das, 2011). Dengan bantuan komputasi pula maka pengaruh suhu terhadap performa sel surya dapat diketahui (Aliev et al, 2011).

Memang penentuan parameter (seperti fill factor dan efisiensi) sel surya secara numerik penting agar diperoleh hasil yang tepat dan teliti. Selama ini di lab. Fisika Modern UAD cara menentukan fill factor (*ff*) dan efisiensi sel surya (η) didasarkan pada nilai-nilai tegangan open circuit (V_{oc}), arus short circuit (I_{sc}), tegangan maksimum (V_m) dan arus maksimum (I_m) dari data eksperimen. V_{oc} dan I_{sc} digunakan untuk menentukan daya teoritis (P_{th}) sedangkan V_m dan I_m digunakan untuk menentukan daya maksimum (P_m). Penggunaan ¹ data-data tersebut secara langsung jelas merupakan kekeliruan karena secara teoritis V_{oc} seharusnya diperoleh dari titik potong kurva (V, I) terhadap sumbu V , sedangkan I_{sc} merupakan titik potong kurva terhadap sumbu I . Umumnya data V_{oc} dan I_{sc} dari eksperimen tidak sampai menyentuh sumbu V dan sumbu I . Hal ini disebabkan karena pengatur arus berupa potensiometer memiliki keterbatasan. Demikian pula nilai P_{th} kurang

tepat dan P_m kurang teliti. Akibatnya ff dan η yang diperoleh cenderung lebih kecil dari yang seharusnya.

Pada penelitian ini akan dilakukan penentuan ff dan η secara lebih tepat dan teliti dengan bantuan komputasi. Perangkat komputasi yang diperlukan adalah fitting data untuk menghasilkan persamaan kurva yang menghubungkan titik-titik data (V, I). Setelah terbentuk persamaan dapat ditentukan I_{sc} yaitu titik potong kurva terhadap sumbu I serta V_{oc} yang merupakan titik potong kurva terhadap sumbu V . Penentuan I_{sc} langsung dapat diperoleh melalui intersep kurva sedangkan V_{oc} diperoleh dengan menentukan salah satu dari akar-akar persamaan kurva yang berupa persamaan kuadrat yang bersesuaian. Untuk menentukan akar persamaan kuadrat dilakukan dengan metode regulafalsi termodifikasi (*modified regulafalse*) dengan harapan ketelitiannya masih dapat dipertahankan dari metode regulafalsi namun jumlah iterasinya lebih sedikit.

LANDASAN TEORI

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Secara teoritis besarnya daya yang dihasilkan oleh sel surya adalah:

$$P_{th} = V_{oc} I_{sc} \quad (1)$$

Dengan P_{th} daya teoritis, V_{oc} tegangan open circuit (rangkain terbuka) dan I_{sc} arus short circuit (rangkain hubung singkat).

Titik pada kurva I - V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum.

$$P_m = V_m I_m \quad (2)$$

Dengan V_m tegangan dari daya keluaran maksimum, I_m sebagai arus dari daya keluaran maksimum. Intensitas cahaya yang diterima oleh sel surya didefinisikan sebagai daya yang diterima dibagi luas penampang sel surya.

$$I_{cahaya} = \frac{P_m}{A} \quad (3)$$

Ketika sel dalam kondisi *short circuit*, arus maksimum atau arus *short circuit* (I_{sc}) dihasilkan, sedangkan pada kondisi *open circuit* tidak ada arus yang dapat mengalir sehingga tegangannya maksimum, disebut tegangan *open circuit* (V_{oc}).

Karakteristik penting dari sel surya yaitu *fill factor* (ff) yang dinyatakan dalam persamaan:

$$ff = \frac{P_m}{P_{th}} = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}} \quad (4)$$

Sedangkan efisiensi konversi merupakan perbandingan antara daya keluaran dari sel surya (P_{out}) terhadap daya masukan lampu yang digunakan (P_{in}) (Fahrenbruch dan Richard, 1983).

$$\eta = \frac{ff P_{th}}{P_{in}} = \frac{P_m}{P_{in}} \quad (5)$$

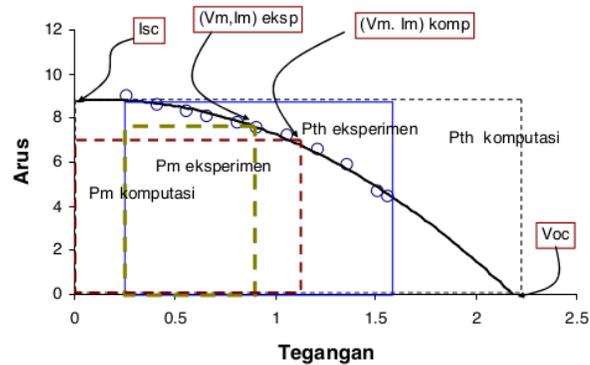
dengan

$$P_{th} = V_{oc} I_{sc} \quad (6)$$

Dalam eksperimen dapat saja terjadi kekeliruan dalam menentukan nilai ff dan η . Sebagaimana pada Gambar 1 dari titik-titik data (V_i, I_i), maka V_{oc} biasanya diambil dari data V_i yang terakhir sedangkan I_{sc} diambil dari data I_i yang pertama. Seharusnya V_{oc} diambil dari titik potong kurva terhadap sumbu V , dan I_{sc} merupakan titik potong kurva terhadap sumbu I . Akibatnya P_{th} menjadi lebih kecil dari yang seharusnya. Demikian pula V_m dan I_m diperoleh dari perkalian antara data V_i

2

dan I_i yang memberikan nilai paling besar. Seharusnya dapat dicermatkan lagi dengan menentukan hubungan setiap V_i terhadap I_i . Hal ini hanya dapat dilakukan jika persamaan kurva diketahui.



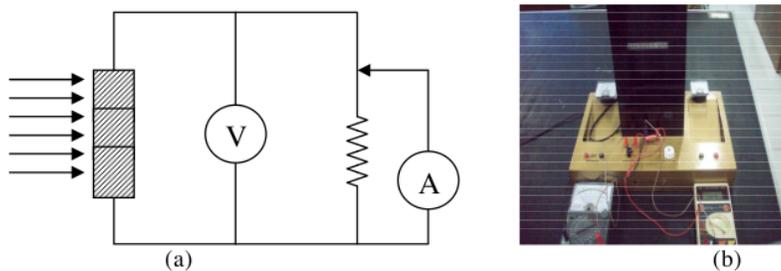
Gambar 1. Kurva karakteristik sel surya

METODE EKSPERIMEN

1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini : *Panel sel surya*, yang berfungsi sebagai piranti pengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Tipe panel surya ini adalah SANYO SA-3515-4-1201 dengan ukuran panjang 3,2 cm dan lebar 1,0 cm; *sumber cahaya*, bolamp merk Philips 100W/220V yang dihubungkan dengan catu daya AC 220 V yang besarnya dapat diatur menggunakan *Light Dimmer*. Alat pendukung terdiri dari voltmeter digital merk Kaise Digital Multitester-SK-G222 dengan ketelitian sampai 0,001 volt serta memiliki batas ukur maksimal DC 1000 V. Alat ini digunakan untuk membaca tegangan sel surya. Amperemeter analog merk Yazumi YX-360 TRNB berbatas ukur 15 μ A untuk membaca arus yang mengalir pada rangkaian; Potensiometer untuk mengatur besar tegangan dan arus yang masuk ke rangkaian, serta kabel penghubung. Selain itu untuk menganalisis data dibantu dengan software *Turbo Pascal Windows 1.5* metode *regula falsi*.

2. Prosedur Eksperimen



Gambar 2. a. Skema rangkaian eksperimen sel surya, b. Unit alat eksperimen sel surya

1. Peralatan disusun sebagaimana skema rangkaian pada Gambar 2a.
2. Lampu sebagai sumbu cahaya dihubungkan dengan sumber tegangan PLN.
3. Potensiometer diatur sehingga tegangan pada voltmeter bernilai nol ($V = 0$) lalu mencatat arus yang terbaca pada amperemeter sebagai I_{sc} (arus hubung singkat).
4. Potensiometer diputar untuk memperoleh nilai sekumpulan data (V_i, I_i).
5. Potensiometer diatur sehingga arus pada amperemeter bernilai nol ($I = 0$) lalu mencatat tegangan yang terbaca pada voltmeter sebagai V_{oc} (tegangan rangkaian terbuka).
6. Langkah 2-5 diulangi untuk daya bolamp yang divariasikan sebanyak 3 kali untuk daya lampu yang berbeda.

3. Metode Analisis Data

Untuk menentukan nilai V_{oc} , I_{sc} , V_m , dan I_m dilakukan dengan analisis grafik. Dari titik-titik data (V_i, I_i) difitting data menurut fungsi kuadrat,

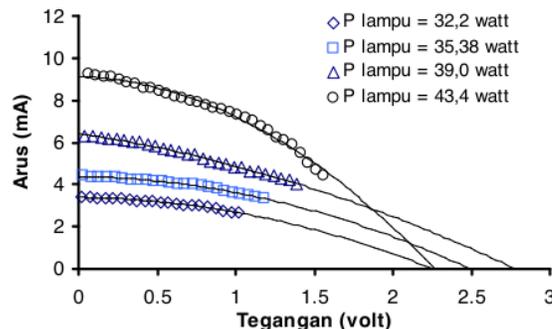
$$y = ax^2 + bx + c \quad (7)$$

dengan $x = V$ dan $y = I$ dan a , b , dan c merupakan koefisien fitting. Dari persamaan (7) kemudian ditentukan intersep kurva sehingga $c = I_{sc}$. Untuk menentukan nilai V_{oc} yaitu titik potong kurva terhadap sumbu x maka dicari akar-akar persamaan (7) yang dicari dengan bantuan program komputer dengan metode regula falsi termodifikasi. Untuk menentukan daya maksimum diperoleh dari perkalian antara x_i dan y_i yang menghasilkan nilai maksimum dengan increment Δx sebesar 0,01.

Untuk menentukan intensitas cahaya lampu diperoleh dari persamaan (3) dengan A luas sel surya. Adapun penentuan nilai faktor pengisian sel serya diperoleh dari persamaan (4) yaitu merupakan perbandingan antara daya maksimum dan daya teoritis. Daya teoritis merupakan daya yang dihasilkan pada saat luasnya secara teoritis yaitu $V_{oc}I_{sc}$. Nilai η dinyatakan dalam persen. Efisiensi konversi diperoleh melalui persamaan (5).

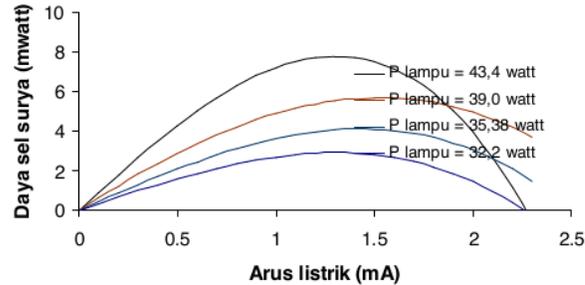
PEMBAHASAN

Pada gambar 3 ditampilkan kurva arus – tegangan sel surya yang dipaparkan berbagai daya lampu. Dari gambar tersebut tampak bahwa kumpulan data tidak sampai memotong sumbu x dan sumbu y . Untuk itulah dibutuhkan fitting data sehingga ujung data dapat diekstrapolasikan menuju ke titik potong sumbu x dan sumbu y menurut kecenderungannya, sehingga diperoleh I_{sc} dan V_{oc} yang lebih tepat.



Gambar 3. Kurva hubungan antara tegangan arus pada berbagai daya lampu

Demikian pula nilai P_m dapat lebih ditingkatkan dengan memilih pasangan I_i dan V_i yang menghasilkan P_m yang lebih tinggi. Persamaan hasil fitting tiap-tiap kurva dapat dilihat pada Tabel 1 kolom 3.



Gambar 4. Kurva hubungan arus listrik dengan daya sel surya pada berbagai daya lampu

Pada gambar 4 ditampilkan daya keluaran sel surya pada berbagai arus yang diperoleh secara perhitungan. Daya tersebut diperoleh dengan menjalankan arus dari 0 sampai 2,5 dengan *increment* 0,01 selanjutnya ditentukan daya maksimum P_m yang bersesuaian dengan posisi puncak dari masing-masing kurva. Secara umum semakin besar daya lampu semakin tinggi daya sel surya maksimumnya. Nilai daya maksimum untuk masing-masing daya lampu ditampilkan pada Tabel 1 kolom 7.

Tabel 1. Nilai Daya teoritis dan Daya maksimum yang diperoleh secara komputasi

Daya lampu (watt)	Intensitas (watt/cm ²)	Persamaan fitting	V_{oc} (volt)	I_{sc} (mA)	$P_{th\ komp}$ (mW)	$P_{m\ komp}$ (mW)
32.20	10.06	$y = -0.6307x^2 - 0.0718x + 3.3895$	2.262	0.07	2.90	0.16
35.38	11.06	$y = -0.6668x^2 - 0.0987x + 4.3857$	2.492	4.39	4.12	10.93
39.00	12.19	$y = -0.4272x^2 - 1.1184x + 6.4253$	2.784	6.42	5.68	17.89
43.40	13.56	$y = -1.6673x^2 - 0.2442x + 9.13$	2.268	9.13	7.79	20.71

Keterangan:

$P_{th\ komp}$ = daya teoritis yang diperoleh secara komputasi

$P_{m\ komp}$ = daya maksimum yang diperoleh secara komputasi

Tabel 2. Perbandingan *fill factor* dan efisiensi sel surya antara eksperimen dan komputasi

Daya lampu (watt)	ff_{eksp} (%)	ff_{komp} (%)	η_{eksp} (%)	η_{komp} (%)	Kenaikan ff (%)	Kenaikan η (%)
32.2	35.25	37.82	3.80	9.00	2.56	5.21
35.4	33.46	37.67	4.91	11.64	4.21	6.73
39.0	31.46	31.75	7.06	14.56	0.29	7.50
43.4	36.86	37.64	12.25	17.96	0.78	5.70

Pada Tabel 2 ditmpilkan perbandingan ff yang diperoleh melalui eksperimen (ff_{eksp}) dan ff yang diperoleh secara komputasi (ff_{komp}). Tampak bahwa nilai ff_{eksp} berbeda dengan nilai ff_{komp} dan ff_{komp} lebih tinggi dari ff_{eksp} . Hal ini disebabkan oleh penentuan nilai V_{oc} dan I_{sc} dengan bantuan komputasi yang lebih baik dibanding dari data eksperimen. Kenaikan ff maksimum terjadi

untuk daya lampu 35,4 watt sebesar 4,21%. Kenikan nilai ff ini berpengaruh pada naiknya nilai efisiensi sel surya. Dapat dilihat kenaikan η pada Tabel 2 kolom 7 untuk daya lampu 35,4 W sebesar 6,73%. Hasil ini merupakan nilai yang lebih realistis dan menguntungkan untuk mengungkapkan ff dan η . Metode ini dapat dipakai setiap eksperimentalis untuk menentukan ff dan η sel surya.

KESIMPULAN

Dari penjelasan yang telah disampaikan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Metode penentuan fill factor dan efisiensi sel surya dapat diperbaiki dengan bantuan komputasi melalui fitting data untuk memperoleh I_{sc} dan V_{oc} yang lebih baik. Penentuan V_{oc} dapat dilakukan salah satunya dengan metode modified regulafalse.
2. Untuk sampel ini dengan daya lampu 35,4 watt nilai $fill\ factor$ dapat meningkat sebesar 4,21% serta efisiensi sel surya meningkat 6,73% dari $fill\ factor$ dan efisiensi yang diperoleh secara eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agchbayar, S. Dorjkhand, D. Baatar and Ylemj, I. Numerical analysis of solar cell current-Voltage Characteristics, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 29, Issue 3. April 1993, pages 201-208
- Aliev R., Alinazarova, M.A., Ikranov, R.G., and Ismanova O.T., The Fill Factor Of Loaded Current-Voltage Performance Of Solar Cells And Its Role For Determining Their Temperature Properties, *Applied Solar Energy*, 2011, vol 7, no 2, 118-120.
- Chegaar, M, Z. Ouennoughi, F. Guechi, dan Languueur. 2003. Determination of Solar Cells Parameters under Illuminated Conditions, *Journal of Electron Devices*, Vol. 2, 2003, pp. 17-21.
- Das, A.K., An Explicit J-V Model Of Solar Cell For Simple Fill Factor Calculation, *Solar Cell Energy*, Vol. 85, Issue 9, September 2011, 1906 – 1909.
- Guliani R., Jain A., and Kapoor A. Exact analytical analysis of Dye-Sensitized Solar Cell: Improved Method and Comparative Study, *The renewable energy Journal*, 2012, 5, 49-60.
- Hamdya, M. Adel. A New Model For The Current-Voltage Output Characteristics Of Photovoltaic Modules, *Journal of Power Sources*, Volume 50, Issues 1-2, May-June 1994, Pages 11-20.
- Singh, N.S., Jain, A., and Kapoor, A. An Exact Analytical Method For Calculating The Parameters Of A Real Solar Cell Using Special Trans Function Theory (Stft), *International Journal Of Renewable Energy Research*, vol 3, no. 1, 2013.

PERBAIKAN PENENTUAN NILAI FILL FACTOR SEL SURYA DENGAN BANTUAN FITTING DATA DAN TEKNIK MODIFIED REGULAFALSE

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	conference.uad.ac.id Internet	63 words — 3%
2	core.ac.uk Internet	54 words — 2%
3	www.tandfonline.com Internet	41 words — 2%
4	sriwahyuwidyaningsih.blogspot.com Internet	39 words — 2%
5	mynewbloguthe.blogspot.com Internet	33 words — 1%
6	Elyes Garoudja, Walid Filali. "Photovoltaic module parameters extraction using best-so-far ABC algorithm", 2019 International Conference on Advanced Electrical Engineering (ICAEE), 2019 Crossref	30 words — 1%
7	pt.scribd.com Internet	28 words — 1%
8	www.scribd.com Internet	28 words — 1%
9	Zinab Hassanien Bakr, Qamar Wali, Shengyuan Yang, Maryam Yousefsadeh et al. "Characteristics of ZnO-	25 words — 1%

-
- 10 Slavica M Perovich, Martin P Calasan. "Obtaining an analytical STFT closed form solution to the solar cell junction ideality factor using the maximum power point characteristics", 2014 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON), 2014
18 words — 1%
Crossref
-
- 11 www.multisuchsystem.de
Internet
18 words — 1%
-
- 12 repository.lib.polyu.edu.hk
Internet
17 words — 1%
-
- 13 eprints.uad.ac.id
Internet
16 words — 1%
-
- 14 vdocuments.site
Internet
15 words — 1%
-
- 15 www.maxwell.vrac.puc-rio.br
Internet
12 words — 1%
-
- 16 Aliev Rayimjon, Ikromov Rustamjon Gulomjonovich, Alinazarova Mahfuza Alisherovna. "Temperature Stimulation of Effective Value of Density of the Current of Semiconductor Solar Cells", Energy and Power Engineering, 2019
11 words — < 1%
Crossref
-
- 17 ar.scribd.com
Internet
9 words — < 1%