Perbaikan Variabel Step Size MPPT pada Aplikasi Panel Surya untuk Perubahan Iradiasi Matahari yang Cepat

Y. Munandar K [1)], Eka Firmansyah [2)], Suharyanto [3)]

[1),2),3)]Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta 55281
Email : munandar.sie14@mail.ugm.ac.id

Abstrak. *Pada aplikasi panel surya berbasis microinverter, interleaved flyback merupakan topologi yang lazim digunakan untuk mengkonversi energinya. Dalam aplikasi tersebut, untuk meningkatkan perolehan energinya diperlukan sebuah algoritma maximum power point tracking (MPPT). Dari beberapa algoritma MPPT, algoritma perturb and observe (P&O) adalah algoritma yang sering digunakan karena implementasinya yang mudah. Namun, kekurangan dari algoritma P&O yaitu rendahnya efisiensi daya yang diserap dari panel surya pada kondisi intensitas cahaya matahari yang relatif rendah dan respon pelacakan yang kurang baik yang ditunjukan ketika step size berubah saat terjadi perubahan iradiasi matahari pada rentang yang lebar. Pada makalah ini, sebuah modifikasi variabel step size pada algoritma P&O telah diusulkan, pengaturan step size dilakukan secara otomatis pada setiap titik kerja. Untuk memvalidasi konsep variabel step size telah dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator PSIM. Dibandingkan dengan metode konvensional pada step size yang tetap, metode yang diusulkan dapat menaikan efisiensi daya dan kecepatan pelacakan pada sistem.*

Kata kunci : *Interleaved flyback, MPPT, P&O, step size, MPP.*

1. Pendahuluan

Panel surya merupakan sumber energi terbarukan yang sangat menguntungkan karena sumber energi yang melimpah, ramah lingkungan dan pengoperasian tanpa kebisingan. Energi yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh iradiasi matahari dan suhu lingkungan. Oleh karena itu, panel surya memiliki kurva karakteristik daya-tegangan (P-V) yang *non-linear* [1]. Pada kurva daya-tegangan tersebut terdapat titik daya maksimum (MPP) yang biasanya terletak di puncak kurva yang menunjukan selisih daya sekarang dan daya sebelumnya sama dengan nol ($\Delta P=0$). Namun, titik daya maksimum tersebut tidak selalu pada kondisi konstan karena dipengaruhi oleh kondisi iradiasi matahari dan suhu lingkungan yang berubah-ubah disetiap waktunya [2]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat pelacak titik daya maksimum yang biasa disebut *maximum power point tracking* (MPPT) agar sistem panel surya dapat bekerja di titik daya maksimumnya.

Beberapa algoritma MPPT pada sistem panel surya sudah dikembangkan. Dimana, terdapat konsep, kompleksitas, jumlah sensor yang digunakan, harga dan performa yang berbeda agar mencapai berbagai tujuan termaksud : akurasi pelacakan, respon yang cepat dan osilasi yang kecil pada MPP [3]. Beberapa algoritma yang populer yaitu *perturb and observe*, *incremental coductance*, *constant voltage*, *fractional open circuit current*, *current sweep* dan beberapa teknik yang dimodifikasi juga telah dikembangkan. Dari beberapa algoritma MPPT tersebut, algoritma *perturb and observe* (P&O) adalah algoritma yang sering digunakan karena implementasinya yang mudah. Namun, kekurangan dari algoritma P&O yaitu rendahnya efisiensi daya yang diserap dari panel surya pada kondisi intensitas cahaya matahari yang relatif rendah dan respon pelacakan yang kurang baik yang ditunjukan ketika step size berubah saat terjadi perubahan iradiasi matahari pada rentang yang lebar [4].

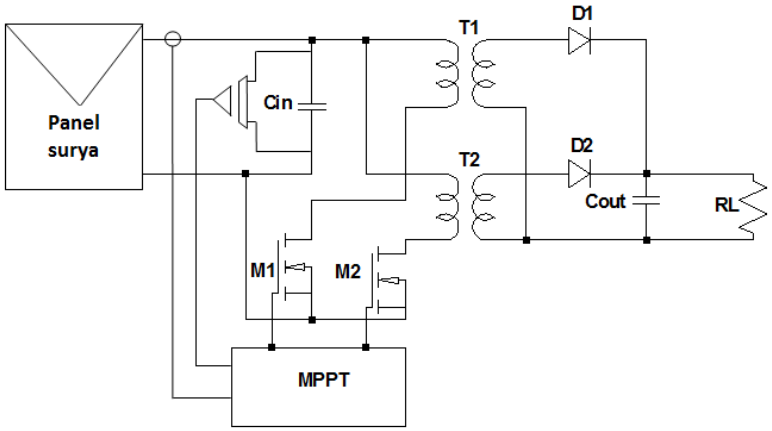
Umumnya, yang bertindak sebagai fungsi dari MPPT merupakan sebuah konverter dc/dc yang menghubungkan panel surya dengan beban. Pada aplikasi *microinverter,* topologi konverter yang biasa digunakan adalah *interleaved flyback* karena sangat cocok untuk aplikasi daya rendah, dapat bekerja pada rentang tegangan yang lebar, dapat menurunkan riak arus serta mampu bekerja pada frekuensi yang tinggi sehingga dapat memperkecil ukuran transformator[5].

Makalah ini menyajikan modifikasi variabel *step size* MPPT dari algoritma P&O yang diterapkan pada sistem panel surya 250W dengan menggunakan *interleaved flyback*. Memvariasikan nilai *step size* dapat mengurangi osilasi disekitar MPP dan mengarahkan respon yang lebih cepat untuk mencapai

MPP. Ketika titik daya maksimum berubah pada iradiasi matahari yang terjadi, variabel *step size* akan secara otomatis bekerja berdasarkan titik operasi. Jika titik operasi jauh dari MPP, step size dapat dinaikan agar dapat mencapai pelacakan yang cepat.

2. Pembahasan

Dalam sistem panel surya selalu membahas bagaimana daya keluaran maksimum dari panel surya dapat diserap semaksimal mungkin. Dengan menggunakan MPPT, sistem dapat memaksakan konverter untuk selalu bekerja dititik daya maksimum untuk mencapai efisiensi yang tinggi dan respon pelacakan yang cepat [6]. Adapun model rangkain sistem panel surya yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model rangkaian sistem panel surya yang diusulkan

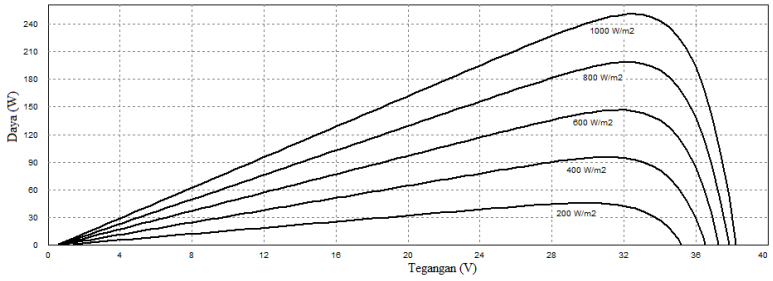
2.1. Panel surya

Panel surya merupakan perangkat yang berhubungan langsung dengan cahaya matahari dan mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Model panel surya yang digunakan dalam tulisan ini diambil dari spesifikasi produk *solar world* dengan tipe *Sunmodule SW 250 mono / Version 2.0 and 2.5 frame* seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya *sunmodul SW 250 mono*

No	Parameter	Nilai & satuan
1	Daya maksimum, P_{mpp}	250 W
2	Tegangan maksimum, V_{mpp}	31.1 V
3	Arus maksimum, I_{mpp}	8.05 A
4	Tegangan *open circuit*, V_{oc}	37.8 V
5	Arus *short circuit*, I_{sc}	8.28 A
6	Koefisien suhu *open circuit*, T_{oc}	0.004 %/K
7	Koefisien suhu *short circuit*, T_{sc}	-0.30 %/K

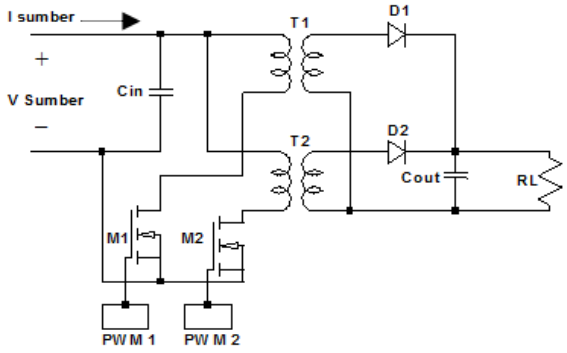
Dari spesifikasi panel surya diatas diperoleh hasil kurva daya-tegangan (P-V) dari beberapa perubahan iradiasi matahari seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva daya-tegangan pada panel surya berdasarkan perubahan iradiasi matahari

2.2. *Interleaved flyback*

Gambar 3 menunjukan rangkaian utama dari konverter *interleaved-flyback* yang terdiri dari dua buah konverter *flyback* yang saling bergandengan, dimana setiap *phase* digeser 180^o pada setiap penyaklaran untuk mencapai persamaan *double switching* frekuensi yang dapat menurunkan riak arus [7]. Kapasitor C_{in} merupakan kapasitor *bulk* dan kapasitor C_{out} merupakan penyimpan energi sementara sebelum ditransfer ke beban, saklar primer M_1 dan M_2 adalah saklar utama yang menjalankan fungsi PWM, dioda D_1 dan D_2 adalah dioda sekunder yang digunakan untuk menghindari rugi dioda *reverse* dan R_L merupakan tahanan beban pada konverter *interleaved -flyback*.



Gambar 3. Rangkain konverter *interleaved flyback*

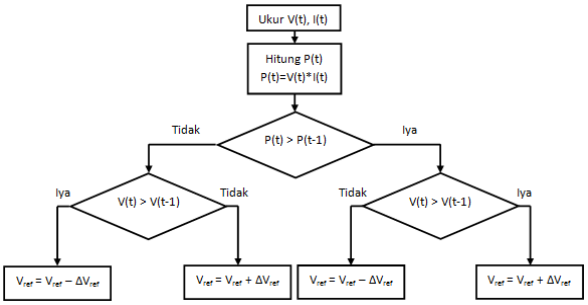
Dengan tegangan input terendah yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 32 V_{dc}, untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 400 V_{dc} yang diperlukan untuk menghasilkan luaran 220 V_{ac}, diperlukan transformator dengan rasio tegangan sebesar 2:25. Paramerter konverter *interleaved flyback* yang digunakan yaitu terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi *interleaved flyback*

No	Parameter	Nilai & satuan
1	Kapasitor *input*, C_{in}	500 µF
2	Kapasitor *Output*, C_{out}	10 µF
4	Tahanan beban, R_L	640 Ω
5	Rasio transformator, N	2 :25
6	Frekuensi @ *switching*, f	100 kHz

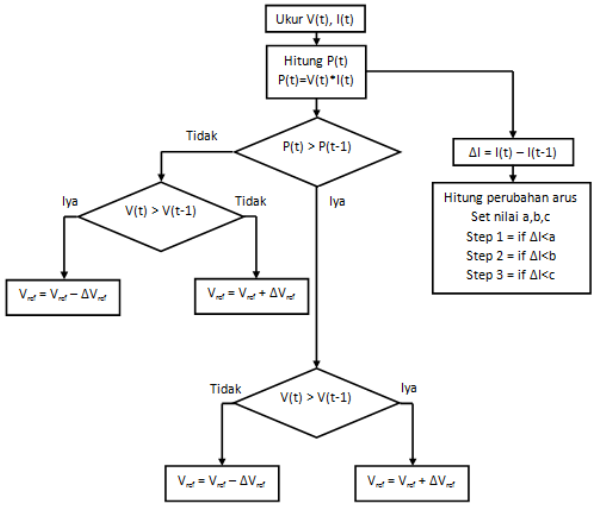
2.3. *Maximum power point tracking* (MPPT)

Algoritma P&O menghitung daya keluaran panel surya dengan mengukur arus dan tegangan dari panel surya. Pelacakan dilakukan secara periodik dengan membandingkan nilai sekarang dengan nilai sebelumnya untuk menentukan perubahan arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh iradiasi matahari [8]. Algoritma P&O konvensional dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Algoritma P&O konvensional

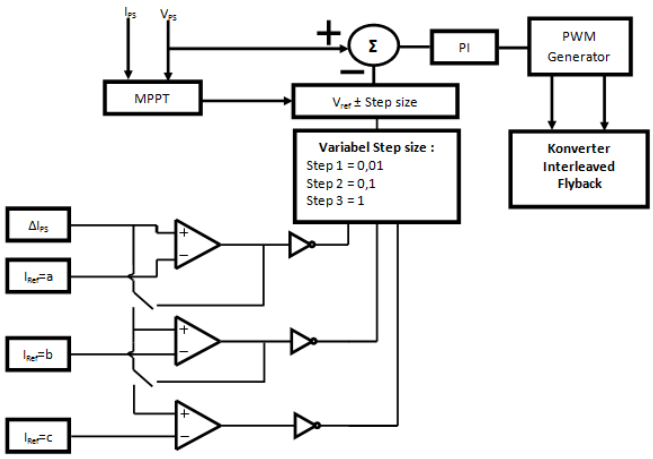
Pada umumnya, efisiensi algoritma MPPT yang menggunakan *step size* tetap, ditentukan oleh akurasi dan kecepatan pelacakan. Namun, jika *step size* meningkat pada pelacakan yang cepat, akurasi akan menurun sehingga menghasilkan efisiensi yang rendah [9]. Pada makalah ini, modifikasi variabel *step size* diusulkan untuk metode MPPT P&O yang digunakan untuk menaikan akurasi pelacakan dan dapat mengatasi kekurangan pada metode MPPT P&O konvensional. Adapun algoritma P&O pada variabel *step size* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Algoritma P&O berdasarkan variabel *step size*

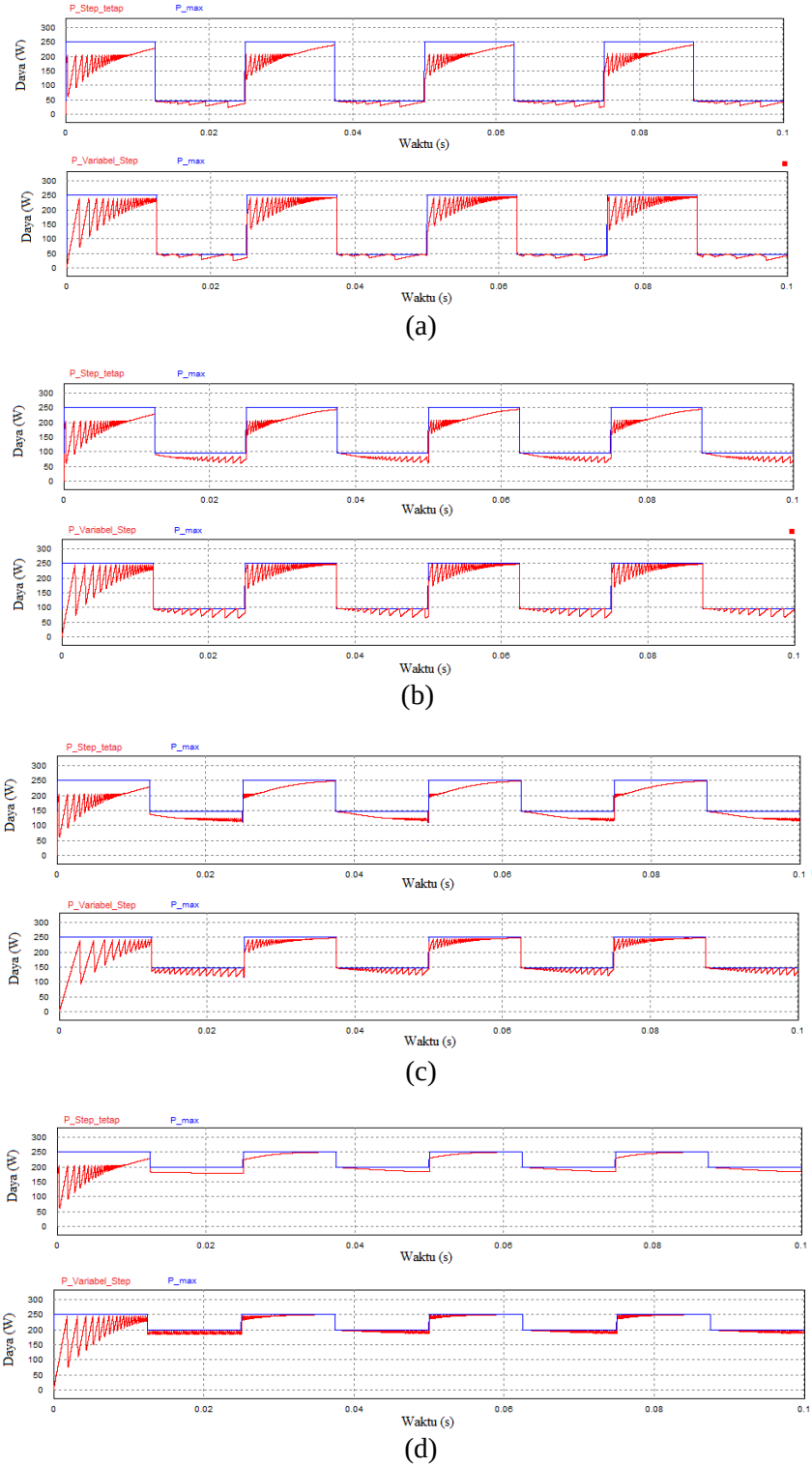
3. Hasil Simulasi

Rangkaian model kontrol modifikasi variabel *step size* algoritma MPPT P&O dapat dilihat pada Gambar 6. Proses kerja dari model rangkaian kontrol tersebut yaitu dengan mengatur nilai arus referensi (I_{ref}) yaitu a, b dan c yang disesuaikan dengan kondisi step 1, 2, dan 3. Kemudian menghitung perubahan arus yang terjadi pada panel surya (ΔI_{ps}) terhadap perubahan iradiasi matahari yang terjadi. Jika perubahan arus lebih kecil dari arus referensi a ($\Delta I_{ps} < a$), maka dilakukan step 1 yaitu mengatur nilai *step size* sebesar 0.01, kemudian jika $\Delta I_{ps} < b$, maka dilakukan step 2 yaitu mengatur nilai *step size* sebesar 0.1 dan kemudian jika $\Delta I_{ps} < c$, maka dilakukan step 3 yaitu mengatur nilai *step size* sebesar 1. Dari model rangkaian kontrol tersebut diharapkan sistem panel surya dapat melakukan pengoperasian secara otomatis dan dapat menaikan efisiensi daya serta dapat menaikan kecepatan pelacakan.



Gambar 6. Model rangkaian kontrol variabel *step size*

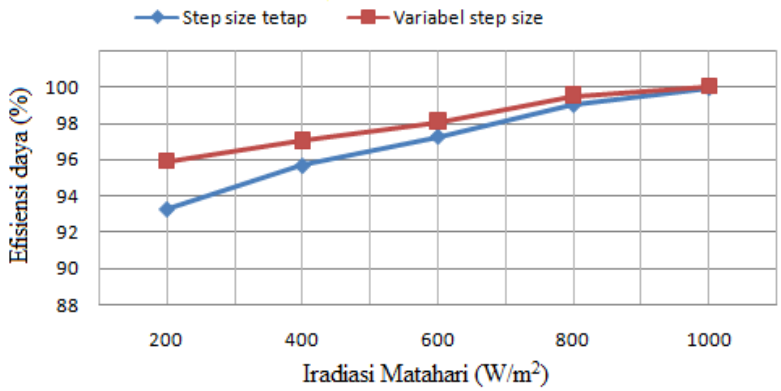
Untuk memverifikasi performa dari modifikasi variabel *step size* pada algoritma MPPT P&O terhadap sistem panel surya, dengan menggunakan konverter *interleaved flyback* 250W pada perubahan iradiasi matahari, digunakan simulator PSIM. Adapun hasil simulasi ditunjukan pada Gambar 7.



Gambar 7. Daya keluaran algoritma MPPT P&O terhadap *step* size tetap dan variabel *step* size pada perubahan iradiasi matahari dari (a) 1000-200W/m^2, (b) 1000-400W/m^2, (c) 1000-600W/m^2, (d) 1000-800W/m^2

Dari hasil simulasi diperoleh peningkatan efisiensi daya dari algoritma MPPT P&O dengan modifikasi variabel *step size* terhadap algoritma MPPT P&O dengan step size tetap. Ketika pada level iradiasi tertinggi yaitu 1000W/m^2 diperoleh peningkatan efisiensi daya sebesar 0.04% serta pada level iradiasi terendah yaitu 200W/m^2 diperoleh peningkatan efisiensi daya sebesar 2.6% serta dapat meningkatkan respon pelacakan disetiap perubahan iradiasi matahari. Adapun grafik efisiensi daya pada algoritma

MPPT P&O dengan *step size* tetap dan variabel *step size* terhadap perubahan iradiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik efisiensi pada *step size* tetap dan variabel *step size*

4. Simpulan

Pada penelitian sistem panel surya dengan menggunakan konverter *interleaved flyback* 250 W, algoritma MPPT P&O dengan modifikasi variabel *step size* mampu bekerja secara otomatis pada perubahan iradasi matahari yang terjadi. Penggunaan modifikasi algoritma MPPT P&O dengan variabel *step size* telah diperoleh peningkatan efisiensi daya yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma MPPT P&O dengan *step size* tetap, dimana pada level iradiasi tertinggi yaitu 1000W/m^2 diperoleh peningkatan efisiensi daya sebesar 0.04% dan pada level iradiasi terendah yaitu 200W/m^2 diperoleh peningkatan efisiensi daya sebesar 2.6% serta dapat menaikan kecepatan pelacakan di setiap perubahan iradiasi matahari hingga mencapai *steady state*.

Daftar Pustaka

[1] Q. Mei *et al.*, "A Novel Improved Variable Step-Size Incremental-Resistance MPPT Method for PV Systems," *IEEE*, vol. 58, no. 6, pp. 2427–2434, 2011.
[2] K. Saidi, "Simulation and analysis of variable step size P&O MPPT algorithm for photovoltaic power control," *IEEE*, 2017.
[3] D. Sera, T. Kerekes, R. Teodorescu, and F. Blaabjerg, "improved MPPT Algorithms for Rapidly Changing Environmental Conditions," *IEEE*, pp. 1614–1619, 2006.
[4] M. Aureliano *et al.*, "Evaluation of the Main MPPT Techniques for Photovoltaic Applications," *IEEE*, vol. 60, no. 3, pp. 1156–1167, 2013.
[5] J. Umuhoza, Y. Zhang, Y. Liu, J. Moquin, C. Farnell, and H. A. Mantooth, "Interleaved Flyback based micro-inverter for residential photovoltaic application in remote areas," in *2015 IEEE 16th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics, COMPEL 2015*, 2015.
[6] N. H. A. Rahman, A. M. Omar, and E. H. M. Saat, "A Modification of Variable Step Size INC MPPT in PV System," *IEEE*, no. June, pp. 340–345, 2013.
[7] B. Tamyurek and B. Kirimer, "An Interleaved High-Power Flyback Inverter for Photovoltaic Applications," *IEEE*, vol. 30, no. 6, pp. 3228–3241, 2015.
[8] S. Zaineb and S. Lassad, "P&O controller for the maximum power point tracking in photovoltaic system," *Int. Conf. Green Energy Convers. Syst. GECS 2017*, no. 3, 2017.
[9] A. Al-Diab and C. Sourkounis, "Variable step size P&O MPPT algorithm for PV systems," *Proc. Int. Conf. Optim. Electr. Electron. Equipment, OPTIM*, pp. 1097–1102, 2010.