

PENGENDALIAN *MPPT* BERBASIS METODE *P&O* MENGGUNAKAN *BOOST CONVERTER*

Frediawan Yuniar
fr_ays@yahoo.co.id
Universitas Brawijaya

Rini Nur Hasanah
rini.hasanah@ub.ac.id
Universitas Brawijaya

Onny Setyawati
osetyawati@ub.ac.id
Universitas Brawijaya

Abstrak

Sinar matahari merupakan sumber energi terbarukan yang tersedia secara gratis dan dapat menjadi alternatif sumber energi listrik selain yang disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dalam bentuk *photovoltaic* (PV), penyediaan energi listrik bersumber sinar matahari diharapkan mampu memberikan suplai daya yang sama handalnya dengan PLN. Untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan sistem PV, diterapkan teknik *maximum power point tracking* (MPPT). Berbagai algoritme pengendalian dicari untuk memaksimalkan daya sistem PV. Pada penelitian ini dikaji penggunaan metode *perturb and observe* (P&O) yang diimplementasikan pada modulasi lebar pulsa (*pulse-width modulation*/PWM) untuk mengendalikan *boost converter*. Untuk mengatasi timbulnya osilasi di sekitar titik daya maksimum karena penggunaan metode P&O, pada penelitian ini diusulkan modifikasi dengan menambahkan pengukuran variabel arus saat perubahan iradiasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa hilangnya potensi daya yang dibangkitkan dapat dikurangi, yang tidak dapat dilacak jika menggunakan metode P&O konvensional.

Kata kunci — *Boost Converter, MPPT, Perturb and observe, Photovoltaic.*

Abstract

Sunlight is a source of renewable energy which is available for free and can become an alternative source of electrical energy, beside that supplied by the State Electricity Company (PLN). In the form of *photovoltaic*, the electricity generated using *photovoltaic* is expected to be as reliable as that provided by PLN. To maximize the power production of the *photovoltaic* system, the *maximum power point tracking* (MPPT) techniques have been commonly applied. Various control algorithms have been recently sought to maximize the generated power. In this study, the use of *perturb and observe* (P&O) method, which is implemented in a *pulse-width modulation* (PWM) technique to control a *boost converter*. To overcome the problem of oscillation around the maximum-power point because of the use of P&O method, a modification is proposed through the addition of current variable measurement at the time of irradiation changes. The simulation results indicate that the loss of generated power potential, which cannot be tracked using the conventional method of P&O, can be reduced.

Keywords — *Boost Converter, MPPT, Perturb and Observe Photovoltaic.*

I. PENDAHULUAN

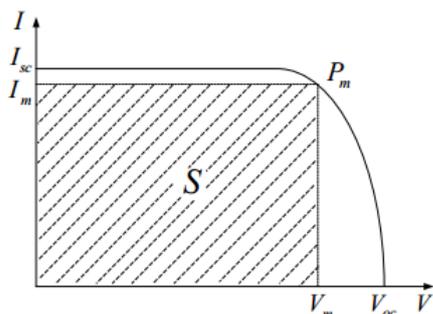
Sistem *photovoltaic* (PV) adalah sistem pembangkit daya listrik yang menggunakan sumber energi dari cahaya matahari. Listrik yang dihasilkan dapat langsung digunakan oleh peralatan listrik atau dapat juga disambungkan dengan jaringan listrik publik. Teknologi PV dan penerapannya pada sistem yang terhubung ke jaringan public (*grid-connected*) berkembang pesat. Sistem *photovoltaic* menghasilkan listrik yang ramah lingkungan [1]. Pembangkitan daya listrik bersumber energi terbarukan menghadirkan tantangan tersendiri agar dapat sama handalnya dengan suplai daya yang disediakan PLN. Berdasarkan data Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) serta Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) diketahui bahwa intensitas radiasi matahari di Indonesia berkisar antara 2,5 hingga 5,7 kWh/m². Beberapa wilayah Indonesia seperti Lampung, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, Papua, Bali, NTB, dan NTT mempunyai intensitas radiasi melebihi 5 kWh/m². Daerah di Jawa Barat, khususnya di Bogor dan Bandung mempunyai intensitas radiasi matahari sekitar 2 kWh/m², sedangkan untuk wilayah Indonesia lainnya besarnya rata-rata intensitas radiasi adalah sekitar 4 kWh/m² [2]. Sejauh ini sudah banyak hasil penelitian mengenai metode pengoptimalan daya yang dihasilkan *photovoltaic* menggunakan berbagai metode *maximum power point tracking* (MPPT), yang dikaji dalam berbagai publikasi ilmiah nasional maupun internasional. MPPT merupakan metode untuk mencari titik maksimum pada kurva karakteristik daya dan tegangan masukan (P-V) sistem *photovoltaic*. Sistem MPPT dengan menggunakan konverter DC-DC digunakan untuk mengatur besarnya tegangan keluaran pada *photovoltaic*, agar dapat memaksa *photovoltaic* memperoleh daya *maximum* pada berbagai tingkat intensitas cahaya. Beberapa diantaranya juga mengkaji mengenai bagaimana menghubungkan sistem PV dengan jaringan listrik publik, antara lain menggunakan *single-stage grid-connected inverter* [1], *grid-connection* untuk sistem tiga fasa [3], maupun *photovoltaic grid-connected* yang dihubungkan terlebih dahulu dengan baterai [4]. Beberapa penelitian juga telah membahas penggunaan sistem MPPT untuk meningkatkan kualitas *photovoltaic* yang dihasilkan. Kajian penggunaan MPPT dengan menerapkan teori *fuzzy control* dapat digunakan sebagai pelacak daya maksimum sistem *photovoltaic* dan terbukti memiliki kemampuan pelacakan daya yang tinggi pada kondisi luar yang berubah-ubah [5].

Sistem MPPT yang mengadopsi kombinasi metode pengendalian *fuzzy-PI* menunjukkan performansi yang lebih baik dalam hal kecepatan pelacakan titik daya maksimum dan *steady-state error* [6]. *Perturb and Observe* (P&O) adalah metode kontrol klasik yang diaplikasikan pada sistem MPPT dengan cara mengukur tegangan dan arus keluaran PV. Pengukuran terhadap perubahan tegangan dilakukan untuk memungkinkan penghitungan setiap kali terjadi perubahan daya. Kelebihan metode P&O adalah kemampuannya untuk dapat dengan cepat melakukan pelacakan titik daya maksimum karena selalu dilakukan penghitungan jika terjadi perubahan daya. Kekurangannya adalah timbulnya osilasi di sekitar titik daya maksimum ketika kondisi tersebut tercapai [7]. Pada kajian ini dilakukan modifikasi pada metode P&O untuk mengurangi osilasi yang diakibatkan oleh gangguan atau perubahan iradiasi di sekitar titik daya maksimum.

II. SISTEM PHOTOVOLTAIC

A. Photovoltaic

Tegangan listrik yang dihasilkan sel PV tidak tergantung pada besaran luas bidang *silicon* melainkan secara konstan menghasilkan daya dari tegangan yang berkisar ±0,5 V (paling besar 0,6V) pada arus 2 A. Radiasi matahari sebesar 1000 W/m² dapat menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30 mA/cm² per sel surya. *Photovoltaic* menghasilkan daya maksimum jika nilai tegangan dan arus juga maksimum, pada V_m dan I_m . I_{sc} adalah arus listrik maksimum pada saat nilai tegangannya nol. I_{sc} berbanding langsung dengan ketersediaan sinar matahari. V_{oc} adalah nilai tegangan maksimum pada saat nilai arus nol, seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1 Kurva V-I [8]

Model matematika suatu *photovoltaic* dinyatakan menggunakan besaran arus *short-circuit* (I_{sc}) yang dipengaruhi oleh fungsi iluminasi matahari (S) dan tegangan *open-circuit* (V_{oc}) dengan persamaan berikut.

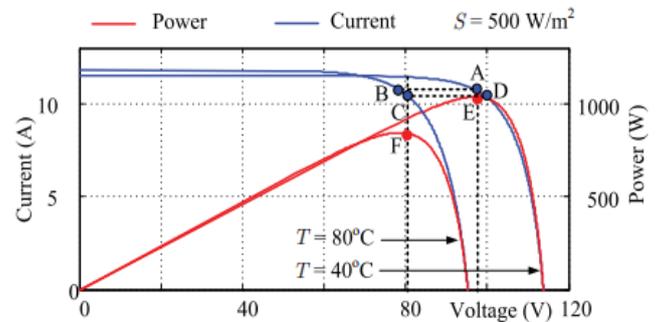
$$I_o = n_p I_{ph} - n_p I_{rs} \left[\exp \left(\frac{qV_o}{kTAn_s} \right) - 1 \right] \dots \dots \dots (1)$$

dengan I_o merupakan arus keluaran *photovoltaic*; n_p banyaknya sel yang terhubung paralel; n_s banyaknya sel yang

terhubung seri; k konstanta *Boltzmann*; q kecepatan perpindahan elektron; T suhu permukaan panel, dan A konstanta deviasi karakteristik *p-n junction* sel. I_{rs} merupakan arus balik saturasi pada sel yang berubah mengikuti besarnya temperatur.

B. MPPT

MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) adalah teknik yang digunakan untuk menjaga sistem *photovoltaic* bekerja dalam titik daya maksimum, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.

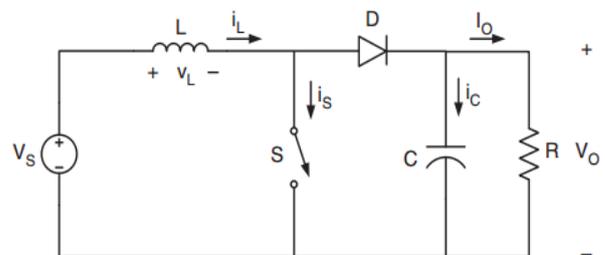


Gambar. 2 Grafik titik daya maksimum [9]

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa titik daya maksimum berada pada titik E dan F. Titik-titik ini dipengaruhi oleh suhu dan iradiasi, sebagaimana terlihat perbedaannya pada dua suhu yang berbeda yaitu 40°C dan 80°C. Kerja PV akan berubah sesuai dengan perubahan nilai suhu dan iradiasi.

C. Boost Converter

Jenis konverter ini merupakan konverter arus searah yang digunakan untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari pada tegangan masukannya, atau biasa disebut sebagai konverter penaik tegangan. Seperti terlihat pada Gambar 3, komponen utamanya terdiri dari MOSFET, dioda, induktor, dan kapasitor.



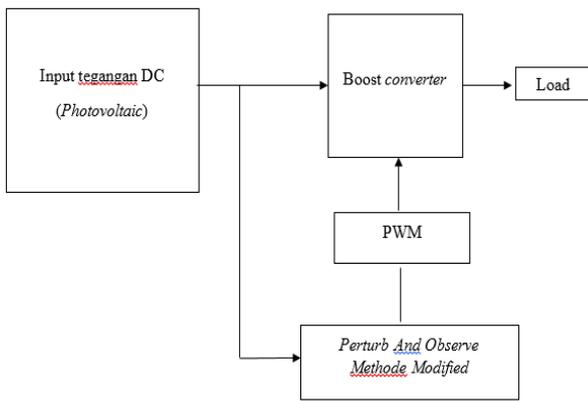
Gambar. 3 Boost Converter [10]

Pada skema di Gambar 3, saat saklar atau *switch* pada kondisi tertutup (selama waktu t_{on}), arus mengalir ke induktor sehingga menyebabkan energi tersimpan di dalamnya. Saat saklar MOSFET terbuka (selama waktu t_{off}), arus induktor mengalir menuju beban melewati dioda sehingga energi yang

tersimpan dalam induktor berkurang. Selama waktu t_{off} , beban dicatu dari tegangan sumber serta tegangan induktor yang sedang melepaskan energi. Kondisi ini menyebabkan tegangan keluaran menjadi lebih besar dibandingkan dengan tegangan masukannya. Rasio antara tegangan keluaran dan tegangan masukan ini sebanding dengan rasio antara periode penutupan saklar dan periode pembukaan saklar.

III. RANCANGAN SISTEM PENGENDALI

Penelitian mengenai pengendalian MPPT berbasis metode P&O menggunakan *boost converter* dilakukan melalui proses simulasi. Simulasi dilakukan dengan terlebih dahulu membuat model keseluruhan sistem. Simulasi dilakukan pada berbagai kondisi dan nilai variabel penelitian. Analisis terhadap hasil simulasi dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan dari hasil penelitian. Diagram blok sistem MPPT yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar. 4 Blok diagram sistem MPPT

Pada Gambar 4 blok *photovoltaic* mewakili beberapa panel *photovoltaic* yang tersusun secara seri, yang dihubungkan dengan blok *boost converter* dan blok *P&O controller*. Selain menerima sinyal dari blok *photovoltaic*, blok *boost converter* juga akan menerima *signal* dari blok *P&O* yang keluarannya berupa sinyal PWM yang terkendali. Blok *boost converter* dihubungkan dengan beban, yang pada penelitian ini berupa beban resistif.

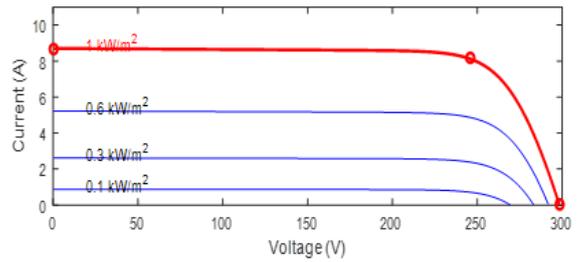
A. Photovoltaic

Modul *photovoltaic* yang digunakan adalah tipe *Isoltech Isth-250-WH* yang memiliki daya maksimum sekitar 250 W. Spesifikasi selengkapnya diberikan pada Tabel I.

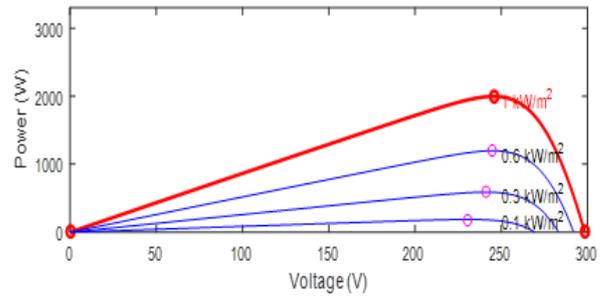
Agar diperoleh daya sekitar 2000 W maka modul disusun secara seri menggunakan 8 modul. Tegangan yang dihasilkan dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 \dots V_8 \dots \dots \dots (2)$$

Daya maksimum yang dihasilkan modul *photovoltaic* dipengaruhi oleh perubahan suhu dan iradiasi, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar. 5 Grafik pengaruh perubahan iradiasi pada *photovoltaic*



Gambar. 6 Grafik pengaruh perubahan suhu pada *photovoltaic*

Gambar 5 dan 6 menunjukkan kedua gambar tersebut dapat dilihat saat kenaikan iradiasi mulai dari 100 W/m² hingga 1000 W/m² bahwa perubahan iradiasi sangat berpengaruh terhadap daya *photovoltaic* khususnya arus yang dihasilkan oleh *photovoltaic*.

B. Boost Converter

Hubungan antara V_{out} , V_{in} dan D pada *boost converter* dapat ditunjukkan dengan persamaan (3)

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{1-D} \dots \dots \dots (3)$$

Nilai kapasitansi kapasitor pada *boost converter* dirancang sedemikian sehingga C lebih besar dari C_{min} yang dinyatakan dengan persamaan (4)

$$C_{min} = \frac{V_o * D}{R * \Delta V_o * f} \dots \dots \dots (4)$$

Nilai induktansi induktor ditetapkan sedemikian sehingga L lebih besar dari L_{min} yang dinyatakan dengan persamaan (5)

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2}{2 * f} * R \dots \dots \dots (5)$$

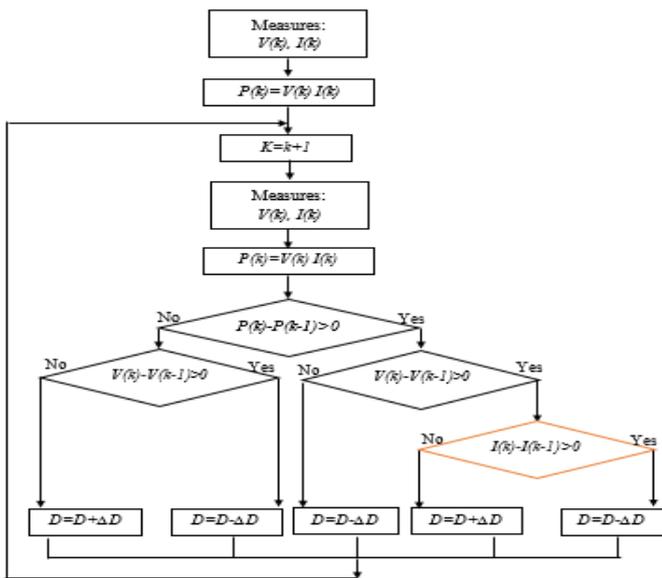
Dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (5), diperoleh nilai parameter untuk *boost converter*, seperti yang diberikan pada Tabel I.

Tabel I
Nilai parameter C dan L pada *boost converter*

Inductor/Capacitor	Keterangan
Capacitor (C)	2000 μf
Inductor(L)	4000 μH

C. Algoritme *Perturb and Observe*

Algoritme P&O yang digunakan dalam MPPT ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar. 7 Perturb and observe Algorithm flowchart modifikasi

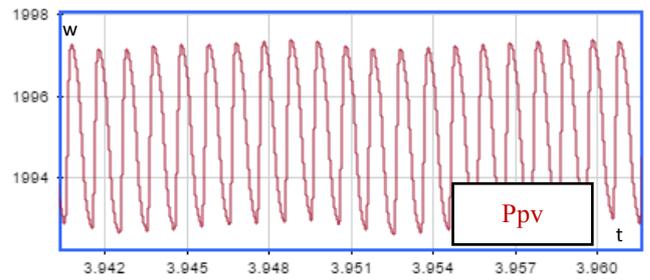
Modifikasi dilakukan dengan penambahan delta I yang berguna untuk melakukan perhitungan nilai arus sebelum memberikan kenaikan atau penurunan nilai *duty-cycle*. Nilai positif dP karena gangguan atau peningkatan iradiasi dapat dideteksi menggunakan parameter dI .

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

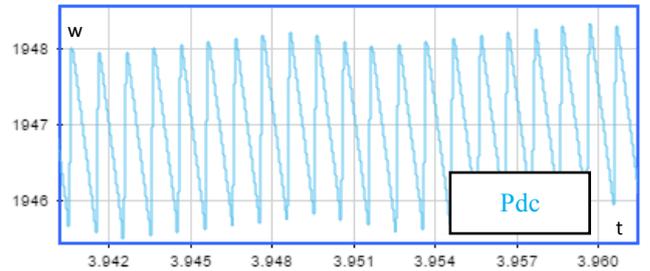
Hasil yang diperoleh meliputi hasil simulasi pengujian *photovoltaic* menggunakan MPPT, serta perbandingan antara hasil simulasi penerapan metode P&O konvensional dan P&O modifikasi. Pengujian sistem MPPT juga dilakukan dengan memberikan perubahan beban.

Pada Gambar 8 ditunjukkan kurva daya yang dihasilkan PV menggunakan MPPT dan metode P&O konvensional. Terlihat bahwa daya maksimum yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata sekitar 1997,3 W saat iradiasi matahari sebesar 1000 W/m² pada suhu 25°C.

Gambar 9 menunjukkan kurva daya yang dihasilkan *boost converter* pada sistem MPPT menggunakan metode P&O konvensional. Terlihat bahwa daya yang dihasilkan sekitar 1953,8 W, yang berbeda dari daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic*. Perbedaan daya ini karena pengaruh komponen sistem pada *boost converter* dan ini masih dapat di toleransi karena daya yang dihasilkan berada di sekitar nilai daya maksimum.

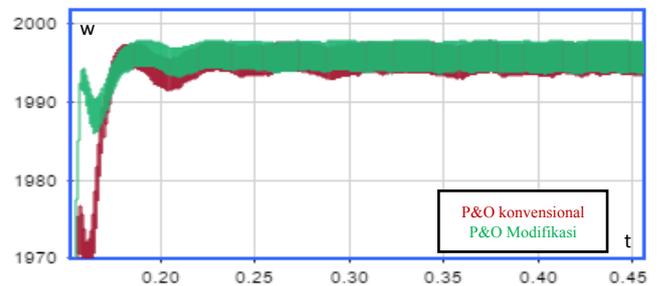


Gambar. 8 Daya PV yang dihasilkan MPPT P&O konvensional



Gambar. 9 Daya Boost Converter yang dihasilkan MPPT P&O konvensional

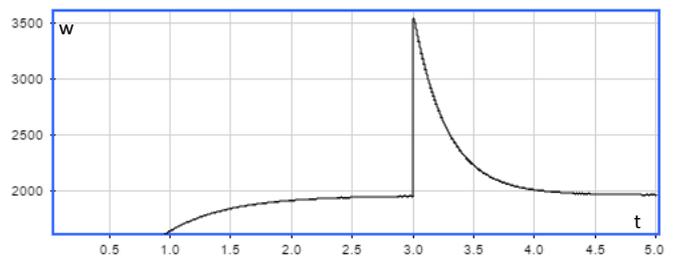
Perbandingan daya yang dihasilkan antara penggunaan sistem MPPT dengan metode P&O konvensional dan metode P&O modifikasi diberikan pada Gambar 10.



Gambar. 10 Perbandingan daya yang dihasilkan pada penggunaan metode P&O konvensional dan metode P&O modifikasi

Terlihat dari Gambar 10 bahwa hasil yang lebih baik diperoleh dengan menggunakan metode P&O modifikasi karena dapat mengurangi osilasi saat mencapai kondisi titik daya maksimum hingga 90 watt.

Pengaruh perubahan beban pada sistem MPPT ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar. 11 Pengaruh perubahan beban pada sistem MPPT

Dari Gambar 11 terlihat bahwa pada saat terjadi perubahan beban pada detik ke-3 keluaran daya *boost converter* mampu kembali ke keadaan *steady-state* dalam waktu 1 detik.

V. KESIMPULAN

- 1) Kedua algoritma pengendalian yang dibandingkan, yaitu metode P&O konvensional dan P&O yang dimodifikasi, mampu melacak kondisi titik daya maksimum. Perbedaannya terletak pada responnya saat terjadi perubahan iradiasi. Metode P&O yang dimodifikasi mampu meningkatkan daya karena kesalahan kontroler P&O konvensional hingga 25 watt, serta mampu mengurangi osilasi pada saat keadaan daya maksimum tercapai hingga 90 watt. Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa metode P&O yang dimodifikasi mempunyai unjuk kerja yang lebih baik pada saat terjadi perubahan iradiasi.
- 2) Pada pengujian perubahan beban pada sistem MPPT, kondisi *steady-state* dapat dicapai kembali dalam waktu kurang lebih 1 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Libo, Z. Zhengming, L. Jianzheng, L. Shu and Y. Liqiang, "Modifi'ed MPPT Strategy Applied in Single-Stage Grid-Connected Photovoltaic System," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2005.
- [2] A. Nurrohim, "Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Sebagai Solusi Kelistrikan Di Daerah Terpencil," *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 2012.
- [3] H. Wu and X. Tao, "Three Phase Photovoltaic Grid-connected Generation Technology with MPPT Function and Voltage Control," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2009.
- [4] M. I. Hossain, S. A. Khan, M. Shafiullah and M. J. Hossain, "Design and Implementation of MPPT Controlled Grid Connected Photovoltaic System," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2011.
- [5] L. Sun, Zhengdandan and F. Han, "Study on MPPT Approach in Photovoltaic System Based on Fuzzy Control," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2013.
- [6] C.-U. Lee, J.-S. Ko, T.-Y. Seo, D.-K. Kim and D.-H. Chung, "The MPPT Control of Photovoltaic System using Fuzzy-PI Controller," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2013.
- [7] R. Raedani and M. Hanif, "Design, Testing and Comparison of P&O, IC and VSSIR MPPT Techniques," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 2014.
- [8] S. J.strong, in *The solar electric house*, p. 54.
- [9] S. Kollimalla and M. Mishra, "A novel adaptive P&O MPPT algorithm considering sudden changes in the irradiance," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2014.
- [10] P. Muhammad H. Rashid, *Power Electronics Handbook*, Florida: Academic Press, 2011.



