

# Perbandingan Konverter CUK dan SEPIC Untuk Pelacakan Titik Daya Maksimum Berbasis Panel Surya

Muhammad Syafei Gozali

Batam Polytechnics

Electrical Engineering study Program

E-mail: [syafei@polibatam.ac.id](mailto:syafei@polibatam.ac.id)

## Abstrak

Untuk memenuhi peningkatan kebutuhan listrik, diperlukan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi baru terbarukan. Perkembangan teknologi yang pesat saat ini, telah mampu memanfaatkan energi surya menjadi sumber energi listrik dengan menggunakan panel surya. Untuk mendapatkan daya yang maksimal dari panel surya dibutuhkan konverter dc-dc yang dikontrol dengan menggunakan algoritma pelacakan titik daya maksimum. Makalah ini menyajikan perbandingan konverter CUK dan SEPIC sebagai pelacak titik daya maksimum dari sistem panel surya. Kelebihan dan kekurangan dari kedua konverter ini telah dijelaskan dalam makalah ini. Algoritma yang digunakan untuk pelacakan titik daya maksimum adalah metode *perturb & observe* (P&O). Hasil luaran kedua konverter dievaluasi dan dibandingkan dari hasil simulasi.

**Kata kunci:** Panel surya, metode P&O, konverter CUK, konverter SEPIC

## Abstract

To meet the increasing demand for electricity, is required the power plants that utilize renewable energy. The rapid development of technology currently, it has been able to take advantage of solar energy into electrical energy by using solar panels. To get the maximum power from the solar panel dc-dc converter is needed, which is controlled by using the maximum power point tracking algorithm (MPPT). This paper presents a comparison between CUK and SEPIC converter in maximum power point tracking of solar panel system. Advantages and disadvantages of both converters are described in this paper. Furthermore, Perturb and Observe (P&O) are used as maximum power point tracking algorithm. The evaluation of the output has been carried out and compared by software simulation.

**Keywords:** Solar panel, P&O method, CUK converter, SEPIC converter

## Pendahuluan

Saat ini, penggunaan energi baru terbarukan (EBT) merupakan hal penting yang digunakan sebagai pembangkit listrik akibat dari berkurangnya cadangan bahan bakar fosil. Energi surya merupakan salah satu energi baru terbarukan yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Untuk mengkonversi energi surya menjadi listrik dapat dilakukan secara langsung yaitu dengan menggunakan panel surya atau disebut sebagai Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

PLTS telah berkembang pesat seiring dengan target kebijakan energi nasional yang menjelaskan bahwa penggunaan energi baru terbarukan untuk pembangkit listrik pada tahun 2025 sekurang-kurangnya 17% [1]. Untuk memenuhi kebijakan energi nasional ini maka PLTS dapat dihubungkan ke sistem jala-jala listrik nasional baik secara langsung atau melalui cadangan baterai [2].

Panel surya merupakan pembangkit listrik yang praktis,

tetapi pembangkit listrik ini memiliki efisiensi yang rendah, dimana daya yang dihasilkan tergantung dari iradiasi dan suhu. Untuk meningkat efisiensi dari panel surya maka digunakan teknik pelacakan titik daya maksimum. Algoritma pelacakan titik daya maksimum telah banyak berkembang seperti; metode *Perturb & Observe* (P&O), metode *Incremental Conductance* (IC), metode *Constant Voltage* (CV), atau dengan *Artificial Intelligence* [3].

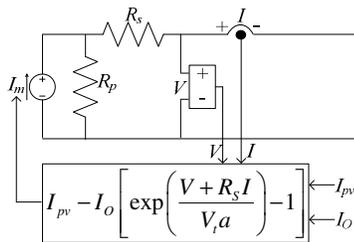
Algoritma pelacakan titik daya maksimum berfungsi untuk menjaga tegangan luaran dari panel surya konstan. Karena tegangan luaran dari panel surya merupakan tegangan DC maka digunakan konverter dc-dc. Umumnya digunakan konverter boost sebagai perangkat pelacakan titik daya maksimum. Konverter boost ini hanya bekerja jika tegangan masukan lebih kecil dari tegangan luaran yang diinginkan. Jika tegangan dari panel surya lebih besar dari tegangan yang diinginkan maka konverter boost tidak akan bekerja akibatnya daya maksimum dari panel surya juga tidak tercapai. Sebagai pengganti konverter boost

dapat digunakan konverter buck-boost [4].

Pada makalah ini sebagai pengganti konverter buck-boost maka digunakan konverter CUK dan SEPIC. Untuk pelacakan titik daya maksimum dari panel surya digunakan metode P&O.

### Pemodelan Panel Surya

Panel surya terbentuk dari kombinasi sel surya yang terhubung secara seri dan parallel. Rangkaian ekuivalen dari sel surya ditunjukkan pada Gambar 1. Tegangan dan arus dari sel surya dipengaruhi dari iradiasi dan temperature [5].



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen sel surya

Rangkaian ekuivalen dari sel surya menggunakan satu sumber arus  $I_m$  dan dua resistor  $R_s$  dan  $R_p$  yang terhubung secara seri dan parallel, dengan  $I_m$  dihitung menggunakan blok komputasi yang memiliki masuk tegangan sel surya ( $V$ ), arus panel surya ( $I$ ), arus saturasi ( $I_o$ ) dan arus sell surya ( $I_{pv}$ ).

Untuk panel surya yang terbentuk dari beberapa sel surya, maka tegangan thermal panel surya dengan sel surya terhubung seri  $V_t = N_s kT / q$ , jika panel surya terbentuk dari sel surya yang terhubung parallel maka arus panel surya dan arus saturasi menjadi  $I_{pv} = I_{pv,cell} N_p$ ,  $I_o = I_{o,cell} N_p$ , besarnya resistansi panel surya untuk sel surya yang terhubung seri dan parallel  $R_s = R_s N_s / N_p$  dan  $R_p = R_p N_s / N_p$ , dengan  $N_s$  dan  $N_p$  adalah jumlah sel surya yang terhubung seri dan parallel.

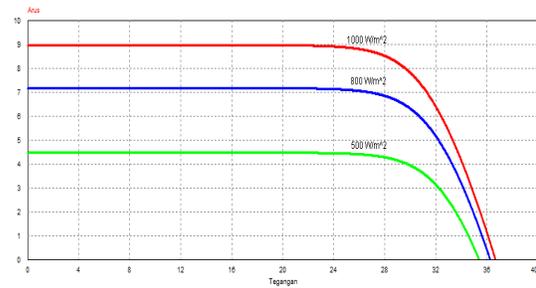
Pada makalah ini, spesifikasi panel surya yang digunakan, ditunjukkan pada Tabel 1. Dengan kurva karakteristik I-V dan P-V untuk perubahan iradiasi ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

TABEL 1.

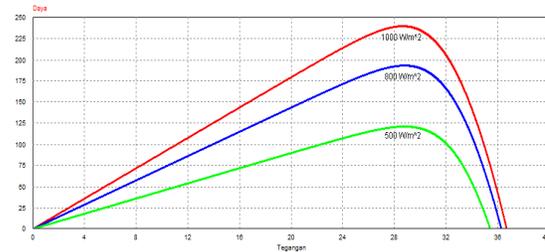
#### SPESIFIKASI PANEL SURYA

PADA IRADIASI 1000W/M2 DAN SUHU 25OC

Spesifikasi	Nilai
Jumlah sel surya	60
Daya maksimum ( $P_{MAX}$ )	240 Wp
Tegangan pada saat daya maksimum ( $V_{MAX}$ )	30.18 V
Arus pada saat daya maksimum ( $I_{MAX}$ )	7.96 A
Tegangan pada rangkaian terbuka ( $V_{OC}$ )	36.72V
Arus pada rangkaian hubung singkat ( $I_{SC}$ )	8.99 A



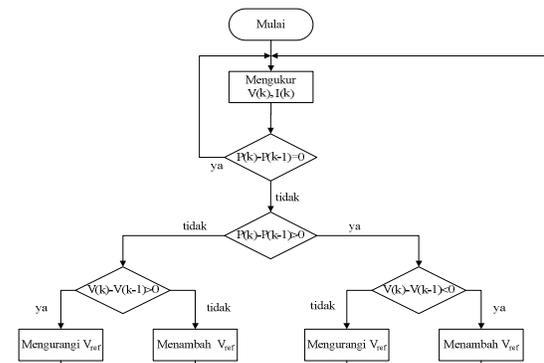
Gambar 2. Kurva karakteristik I-V



Gambar 3. Kurva karakteristik P-V

### Algoritma Pelacakan Titik Daya Maksimum

Metode P&O merupakan teknik pelacakan titik daya maksimum yang banyak digunakan karena hanya menggunakan sedikit parameter dan struktur umpan balik yang sederhana [3,4,6]. Metode ini beroperasi dengan menambahkan atau mengurangi tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) secara periodik.



Gambar 4. Diagram alir metode P&O

Diagram alir dari metode P&O ditunjukkan Gambar 4. Daya luaran ( $P$ ) dari panel surya dibandingkan daya luaran dari sistem. Setelah daya luaran dibandingkan kemudian diamati tegangan ( $V$ ) dari panel surya dan dibandingkan dengan tegangan dari sistem. Jika daya meningkat maka gangguan (*perturb*) akan meningkat kearah yang sama untuk siklus berikutnya, jika tidak maka gangguan akan bergerak sebaliknya. Dengan adanya perubahan daya yang terganggu secara tidak langsung juga mengganggu tegangan pada terminal panel surya untuk seluruh siklus pelacakan titik daya maksimum. Dengan menjaga tegangan luaran dari terminal panel surya maka titik daya maksimum juga akan tercapai.

Skema metode P&O dapat dijelaskan dengan persamaan matematika berikut ini:

Pada daerah sumber tegangan,

$$\frac{\partial P}{\partial V} > 0 \Rightarrow V_{ref} = V_{ref} + \Delta V_{ref} \quad (1)$$

Pada daerah sumber arus,

$$\frac{\partial P}{\partial V} < 0 \Rightarrow V_{ref} = V_{ref} - \Delta V_{ref} \quad (2)$$

Pada kondisi titik daya maksimum,

$$\frac{\partial P}{\partial V} < 0 \Rightarrow V_{ref} = V_{ref} - \Delta V_{ref} \quad (3)$$

## Konverter CUK dan SEPIC

### A. Konverter CUK

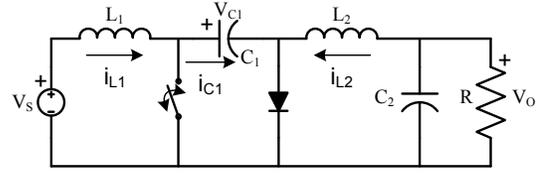
Konverter CUK merupakan konverter dc-dc dengan besarnya tegangan luaran dari konverter ini dapat lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masukan, tetapi tegangan luaran dari konverter ini memiliki polaritas yang terbalik dari tegangan masukannya. Topologi pensaklaran dari konverter CUK ditunjukkan pada Gambar 5. Komponen induktor  $L_1$  bertindak sebagai penyaring (*filter*) pada suplay DC untuk mencegah harmonik yang besar [7]. Besarnya energi yang ditransfer yang berhubungan dengan induktor pada konverter CUK bergantung pada kapasitor  $C_1$ . Tegangan yang melewati induktor bernilai nol pada operasi keadaan yang stabil,  $V_{C1} = V_S - V_O$ .

Pada kondisi saklar tertutup, kondisi dioda terbuka, dan arus pada  $C_1$ ,  $(i_{C1})_{tertutup} = -I_{L2}$ . Pada kondisi saklar terbuka arus pada  $L_1$  dan  $L_2$  membuat dioda tertutup. Arus pada  $C_1$  menjadi,  $(i_{C1})_{terbuka} = I_{L1}$ .

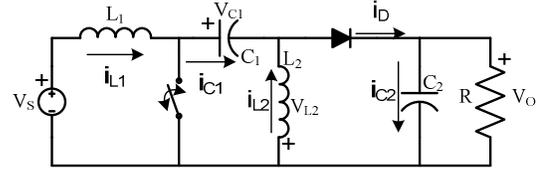
Daya yang diserap beban  $R$  sama dengan daya yang disuplay dari sumber,  $-V_O I_{L2} = V_S I_{L1}$ . Untuk operasi satu perioda arus pada kapasitor sama dengan nol. Dengan waktu saklar tertutup adalah  $DT$  dan waktu saklar terbuka adalah  $(1-D)T$  maka,  $-I_{L2}DT + I_{L1}(1-D)T = 0$ .

Besarnya daya yang disuplay sumber harus sama dengan daya yang diserap beban,  $P_S = P_O$  atau  $V_S I_{L1} = -V_O I_{L2}$ . Dengan mensubsitusi persamaan dari waktu buka dan tutup saklar terhadap daya yang diserap dan disuplay, maka didapat besarnya tegangan luaran dari konverter CUK,

$$V_O = -V_S \left( \frac{D}{1-D} \right) \quad (4)$$



Gambar 5. Topologi pensaklaran konverter CUK



Gambar 6. Topologi pensaklaran konverter SEPIC

### B. Konverter SEPIC

Sama seperti konverter CUK, tegangan luaran dari konverter SEPIC dapat lebih besar atau lebih kecil dari tegangan masukannya, yang berbeda hanya polaritas dari konverter SEPIC tidak terbalik. Topologi pensaklaran dari konverter SEPIC ditunjukkan pada Gambar 6. Pada kondisi operasi dalam keadaan stabil, besarnya tegangan yang melewati induktor adalah nol, sehingga besarnya tegangan pada kapasitor  $C_1$ ,  $V_{C1} = V_S$ .

Pada kondisi saklar tertutup, kondisi dioda terbuka, induktor  $L_1$  terisi dari sumber  $V_S$ , dan induktor  $L_2$  mengisi  $C_1$ . Selama kondisi ini, tidak ada energi yang disuplay ke beban. Besarnya tegangan yang melewati  $L_1$ ,  $(v_{L1})_{tertutup} = V_S$ , sedangkan pada kondisi saklar terbuka, kondisi dioda tertutup,  $L_1$  mengisi  $C_1$  dan secara bersamaan dengan  $L_2$  memberikan arus ke beban. Besarnya tegangan pada  $L_1$  pada kondisi ini,  $(v_{L1})_{terbuka} = -V_O$ . Jika waktu saklar tertutup adalah  $DT$  dan waktu saklar terbuka adalah  $(1-D)T$  dan besarnya daya yang disuplay sama dengan daya yang diserap beban, maka  $V_S(DT) - V_O(1-D)T = 0$ . Besarnya tegangan luaran dari konverter SEPIC,

$$V_O = V_S \left( \frac{D}{1-D} \right) \quad (5)$$

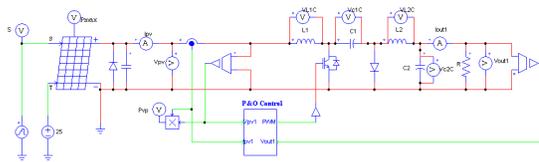
Untuk menghitung nilai komponen dari kedua konverter dapat dilihat pada Tabel 2.

PERSAMAAN UNTUK MENGHITUNG NILAI KOMPONEN KONVERTER

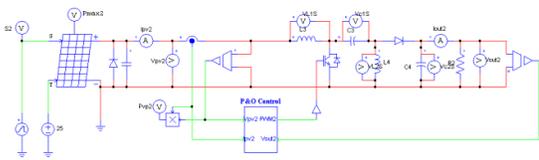
Komponen	Konverter CUK	Konverter SEPIC
$L_1$	$L_1 \geq \frac{V_s D}{f \Delta i_{L1}}$	
$L_2$	$L_2 \geq \frac{V_s D}{f \Delta i_{L2}}$	
$C_1$	$C_1 \geq \frac{V_o D}{f \Delta V_{C1} R}$	$C_1 \geq \frac{D}{f (\Delta V_{C1}/V_o) R}$
$C_2$	$C_2 \geq \frac{1-D}{f^2 (\Delta V_o/V_o) 8 L_2}$	$C_2 \geq \frac{D}{f (\Delta V_o/V_o) R}$

Hasil Simulasi

Simulasi sistem panel surya dilakukan dengan tiga tingkat perubahan iradiasi yaitu 1000, 500, 800 w/m<sup>2</sup>. Spesifikasi panel surya ditunjukkan pada Tabel 1. Rangkaian dari konverter CUK dan SEPIC ditampilkan pada Gambar 7. Dengan menggunakan persamaan pada tabel 2 maka didapat nilai Komponen yang digunakan. Komponen ditunjukkan pada tabel 3.



(a) Rangkaian konverter CUK



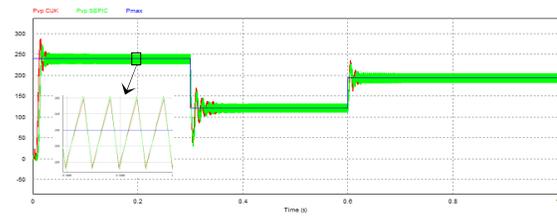
(b) Rangkaian konverter SEPIC

Gambar 7. Rangkaian konverter CUK dan SEPIC pada sistem panel surya

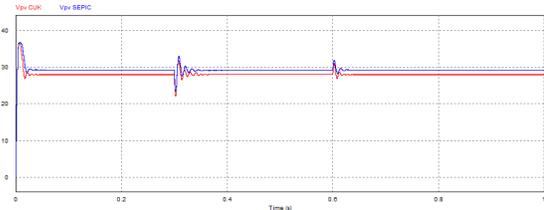
TABEL 3. NILAI KOMPONEN KONVERTER

Komponen	Konverter CUK	Konverter SEPIC
$L_1$	2.5 mH	5 mH
$L_2$	2.5 mH	5 mH
$C_1$	50 $\mu$ F	8 $\mu$ F
$C_2$	45 $\mu$ F	45 $\mu$ F
IGBT	Switchingfrekuensi 10 kHz	

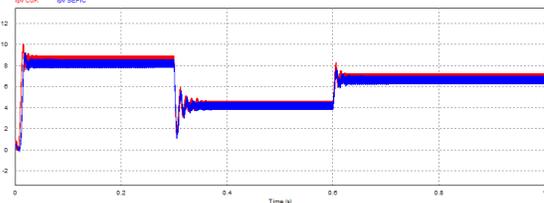
Hasil simulasi dari kedua konverter ditunjukkan gambar 8 s/d 12. Gambar 8 menunjukkan daya luaran dari sistem panel surya dapat mencapai titik daya maksimum. Daya maksimum tercapai karena tegangan dari panel surya terjaga tetap seperti yang ditunjukkan gambar 9(a). Hal ini menunjukkan bahwa algoritma pelacakan titik daya maksimum telah bekerja. Karena tegangan terjaga tetap maka arus panel surya akan mengikuti perubahan dari daya, kurva perubahan daya panel surya ditunjukkan gambar 9(b). Kedua konverter yang digunakan mampu mencapai titik daya maksimum dengan metoda P&O.



Gambar 8. Daya luaran panel surya

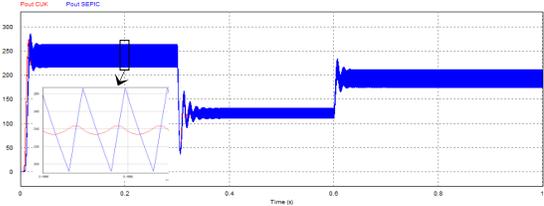


(a) Kurva tegangan

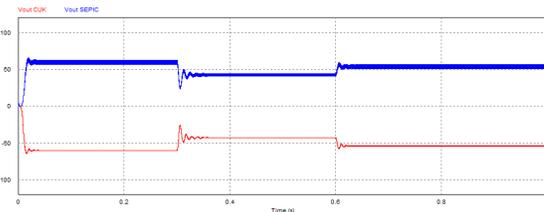


(b) Kurva arus

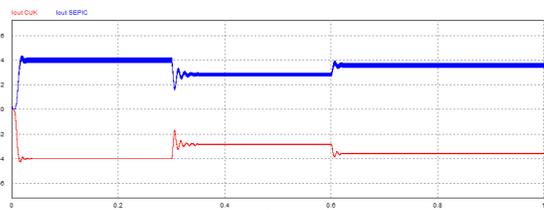
Gambar 9. Tegangan dan arus luaran panel surya



Gambar 10. Daya luaran konverter

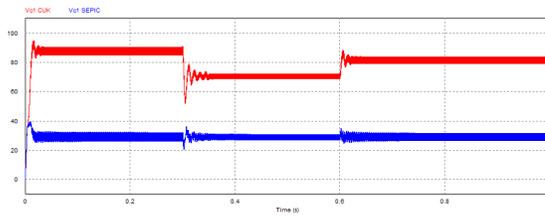


(a) Kurva tegangan

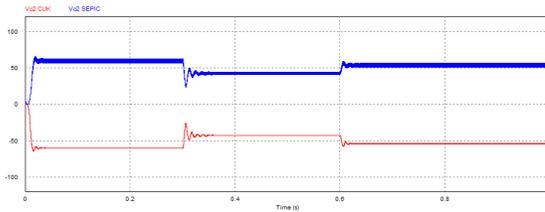


(b) Kurva arus

Gambar 11. Tegangan dan arus luaran konverter



(a) Kapasitor 1



(a) Kapasitor 2

**Gambar 12. Tegangan pada kapasitor**

Daya luaran dari konverter ditampilkan pada gambar 10. Daya luaran konverter sebanding dengan daya yang diberikan dari panel surya. Pada Gambar 10 terlihat bahwa *rippled* dari konverter SEPIC lebih besar dari konverter CUK. *Ripple* ini dapat dikurangi dengan memperbesar nilai kapasitor. *Ripple* daya dipengaruhi dari *ripple* tegangan dan arus. Tegangan dan arus luaran dari konverter CUK memiliki polaritas yang terbalik dari masukannya, sedangkan tegangan dan arus dari konverter SEPIC memiliki polaritas yang sama dengan masukannya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Gambar 12 menunjukkan tegangan *stress* pada komponen kapasitor 1 dan 2 dari konverter. Gambar 12(a) terlihat, bahwa tegangan *stress* pada kapasitor 1 dari konverter CUK merupakan penjumlahan tegangan masukan dan tegangan luaran, sedangkan tegangan dari konverter SEPIC sebanding dengan tegangan masukannya, sehingga tegangan *stress* pada kapasitor 1 untuk konverter CUK lebih besar dari konverter SEPIC. Gambar 12(b) menunjukkan tegangan *stress* pada kapasitor 2 dari kedua konverter. Besarnya tegangan *stress* pada kapasitor 2 sebanding dengan tegangan luaran dari konverter.

## Kesimpulan

Konverter CUK dan SEPIC dapat digunakan untuk mendapatkan titik daya maksimum dari sistem panel surya. Konverter CUK memiliki polaritas tegangan dan arus luaran yang terbalik dari masukannya, sedangkan konverter SEPIC polaritasnya sama dengan masukannya. Untuk mendapatkan *ripple* yang kecil maka nilai komponen kapasitor yang digunakan untuk konverter SEPIC jauh lebih besar jika dibandingkan dengan konverter CUK, tetapi tegangan *stress* kapasitor dari konverter CUK lebih tinggi dibandingkan dengan konverter SEPIC.

## Daftar Rujukan

- [1] "Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025", Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2006.
- [2] C.V. Nayar, M. Ashari, W. W. L. Keerthipala, "A Grid-Interactive Photovoltaic Uninterruptible Power Supply System Using Battery Storage and a Back Up Diesel Generator", IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 15, no. 3, pp. 348-353, September 2000
- [3] Sung-Jun Kang, Jae-Sub Ko, Jung-Sik Choi, Mi-Geum Jang, Ju-Hui Mun, Jin-Gook Lee, Dong-Hwa Chung, "A Novel MPPT Control of photovoltaic system using FLC algorithm", KINTEX 11<sup>th</sup> International Conference on Control, Automation and Systems Gyeonggi-do, Korea, Oct. 26-29, 2011.
- [4] T. Patarau, S. R. Daraban, D. Petreus, and R. Etz "A Comparison between Sepic and Buck-Boost Converters Used in Maximum Power Point Trackers", IEEE 34th Int. Spring Seminar on Electronics Technology, 2011.
- [5] M. G. Villalva, J. R. Gazoli, E. Ruppert F. "Modeling and Circuit-Based Simulation Of Photovoltaic Arrays", Brazilian Journal of Power Electronics, Vol. 14, no. 1, pp. 35-45, Februari 2009.
- [6] H. Abidi, A. bennani, D. M. Miracle, "MPPT Algorithm and Photovoltaic Array Emulator using DC/DC Converters", IEEE, 2012
- [7] Daniel W. Hart, "Power Electronics", Mc Graw Hill, 2010.