

# STUDI PERBANDINGAN KONVERTER DC-DC DALAM SISTEM MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) SEL SURYA MENGGUNAKAN ALGORITMA PERTURB AND OBSERVE (P&O)

Pressa P. Surya Saputra<sup>1</sup>, Mohammad zuhri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Sakti Surabaya

Keywords : Sel surya, photovoltaic, dc-dc converter, perturb and observe (P&O), MPPT

Email penulis:

## Abstrak

Modul sel surya (photovoltaic) memiliki efisiensi rendah tergantung pada radiasi matahari dan suhu modul fotovoltaik. Oleh karena itu diperlukan teknik untuk mengoptimalkan daya keluaran modul fotovoltaik (PV), yang sering disebut dengan teknik maximum power point tracking (MPPT). Diantara semua strategi MPPT, perturb and observ (P&O) merupakan teknik yang sering digunakan karena kesederhanaan dan kemudahan dalam implementasi. Konverter DC-DC diperlukan untuk mengoperasikan teknik MPPT. Penelitian ini menyajikan beberapa konverter DC-DC seperti buck, boost, buck boost, cuk dan sepic converter untuk mendapatkan maximum power point (MPP) dari modul PV standalone. Variasi radiasi matahari diujicobakan untuk mengevaluasi daya keluaran PV. Beberapa perbandingan seperti tegangan optimum, riak yang ditimbulkan dan daya output optimum dari masing-masing konverter DC-DC telah dicatat. Kinerja dan karakteristik dari masing-masing konverter dc-dc dipelajari, dievaluasi, dan dibandingkan melalui simulasi. Perangkat lunak PSIM digunakan untuk mensimulasikan sistem ini.

## 1. Pendahuluan

Saat ini penggunaan energi terbarukan sebagai pembangkit listrik merupakan hal yang penting akibat menipisnya cadangan bahan bakar fosil. Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Untuk menghasilkan listrik dari energi matahari dapat dilakukan secara langsung dengan menggunakan sel surya (photovoltaic).

Photovoltaic (PV) menawarkan banyak keuntungan seperti tidak menggunakan bahan bakar minyak, tidak ada polusi, biaya perawatan rendah, tidak berisik, tidak dapat habis dan dapat diperoleh hampir di semua tempat. Salah satu sistem pembangkit tenaga surya adalah sistem PV Stand Alone, yaitu sistem pembangkit sel surya yang berdiri sendiri atau tidak terkoneksi dengan sistem jala-jala PLN. Sistem ini cocok untuk meningkatkan kualitas daya jala-jala atau untuk daerah yang terisolasi. Aplikasi sistem PV standalone adalah penerangan jalan, kendaraan listrik, penerangan rumah, dan lain-lain.

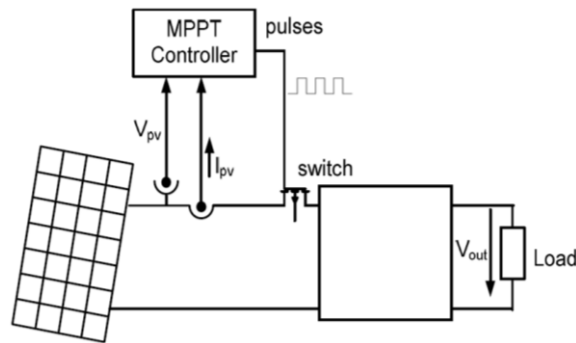
Masalah utama dalam penggunaan modul PV adalah efisiensi yang rendah, terutama pada kondisi penyinaran matahari rendah. Sinar matahari yang diterima oleh modul PV bergantung pada cuaca dan posisi matahari. Tenaga yang dihasilkan oleh modul PV tidak konstan dan efisiensinya hanya sekitar 9-16%.

Selain itu, karakteristik arus terhadap tegangan pada modul PV bersifat nonlinier dan bervariasi tergantung pada suhu modul PV dan radiasi matahari yang diterima. Biasanya, ada titik tertentu pada kurva daya terhadap tegangan (P-V) atau kurva arus terhadap tegangan (I-V), yang disebut titik daya maksimum (Maximum Power Point). Titik ini merupakan sebuah titik pada kurva daya keluaran PV sehingga modul PV bekerja pada efisiensi maksimum dan menghasilkan daya keluaran terbesar. Posisi Maximum Power Point (MPP) tidak diketahui, namun bisa ditemukan dengan menggunakan perhitungan. Oleh karena itu, Maksimum Power Point Tracker (MPPT) diperlukan untuk menemukan titik MPP dan menjaga tegangan PV pada titik MPP tersebut. Teknologi MPPT masih terus dikembangkan sampai sekarang.

Beberapa teknik MPPT telah berkembang sampai sekarang. Ada metode Perturb and Observe (P&O) [1-2], metode incremental conductance (IC) [3], Metode Fuzzy Logic [4], dan lain-lain. Di antara semua teknik MPPT, perturb and observ (P & O) merupakan teknik yang Sering digunakan karena kesederhanaan dan kemudahan implementasi.

MPPT membutuhkan konverter DC-DC sebagai aktuator untuk mengatur tegangan keluaran PV pada titik daya maksimum. Konverter DC-DC bertindak sebagai penghubung antara modul PV dan beban

[5]. Algoritma Perturb and Observe (P&O) mengendalikan perubahan duty cycle di Konverter DC-DC berdasarkan variasi suhu PV dan radiasi matahari agar sesuai dengan titik daya maksimum seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Sistem MPPT

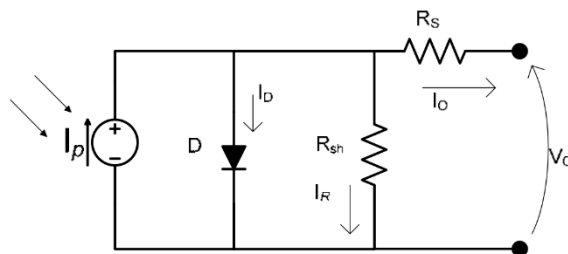
Ada banyak jenis dan topologi konverter DC-DC dan turunannya yang telah dan sedang dikembangkan. Diantaranya adalah konverter boost, konverter buck, konverter buck-boost, konverter single-ended primary-inductor converter (SEPIC), konverter cuk, dll. Masing-masing konverter dc-dc memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Masing-masing dapat optimal bila ditempatkan di sistem yang sesuai.

Penelitian ini menyajikan beberapa konverter DC-DC seperti konverter boost, konverter buck, konverter buck-boost, konverter cuk dan konverter sepic untuk mendapatkan titik MPP dari modul PV standalone secara maksimal. Algoritma Perturb and observe (P&O) diterapkan untuk mengendalikan tegangan keluaran PV pada konverter dc-dc sehingga dapat menghasilkan daya keluaran maksimal. Variasi radiasi matahari diujicobakan untuk mengevaluasi daya keluaran PV. Beberapa perbandingan seperti perbedaan tegangan optimum, riak yang ditimbulkan dan daya keluaran maksimum dari masing-masing konverter DC-DC telah dicatat. Kinerja dan karakteristik dari masing-masing konverter dc-dc dipelajari, dievaluasi, dan dibandingkan melalui simulasi. Software PSIM digunakan untuk mensimulasikan sistem ini.

## 2. Studi Pustaka

### Pemodelan Photovoltaic (PV)

Modul PV sebenarnya terdiri dari bahan semi-konduktor p-n. Bahan itu mempunyai karakteristik dapat menghasilkan arus (elektron) bila terkena cahaya. Besar arus yang dihasilkan linear dengan besar radiasi matahari yang diterima [6]. Jadi, pemodelan PV dapat digambarkan sebagai rangkaian yang terdiri dari sumber arus, komponen semikonduktor (dioda) dan resistor sehingga beroperasi seperti modul PV sesuai dengan kenyataan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Ekuivalen PV

Model matematis modul PV adalah rangkaian arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dari PV yang dipengaruhi oleh fungsi penyinaran/radiasi matahari ( $S$ ) dan tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) dengan persamaan (1) di bawah [7-8].

$$I = n_p I_{ph} - n_p I_0 \left[ e^{\frac{q(V + IR_s)}{nkT}} - 1 \right] \quad (1)$$

Dimana  $I$  adalah arus keluaran modul PV;  $N_p$  adalah jumlah sel yang terhubung paralel;  $N_s$  adalah jumlah sel yang terhubung seri;  $K$  adalah konstanta Boltzmann;  $Q$  adalah kecepatan perpindahan elektron;  $T$  adalah suhu permukaan modul PV;  $A$  adalah deviasi konstan dari sel p-n junction.  $I_{rs}$  adalah arus balik saturasi pada sel. Persamaan (2) berikut ini adalah pengaruh suhu terhadap arus yang dihasilkan [7-8].

$$I_{rs} = I_{rr} \left[ \frac{T}{T_r} \right]^3 \exp \left( \frac{qE_G}{kA} \left[ \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right] \right) \quad (2)$$

Dimana  $q = 1,6022 \times 10^{-19}$  C adalah konstanta pengisian elektron;  $T_r$  adalah referensi suhu sel;  $I_{rr}$  adalah arus balik saturasi pada kondisi  $T_r$ ;  $K = 1.3807 \times 10^{-23}$  JK<sup>-1</sup> adalah konstanta Boltzmann dan  $E_G$  adalah Energi lebar interupsi dari semikonduktor yang digunakan pada sel. Photo Current ( $I_{ph}$ ) tergantung pada radiasi matahari dan suhu sel seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3),

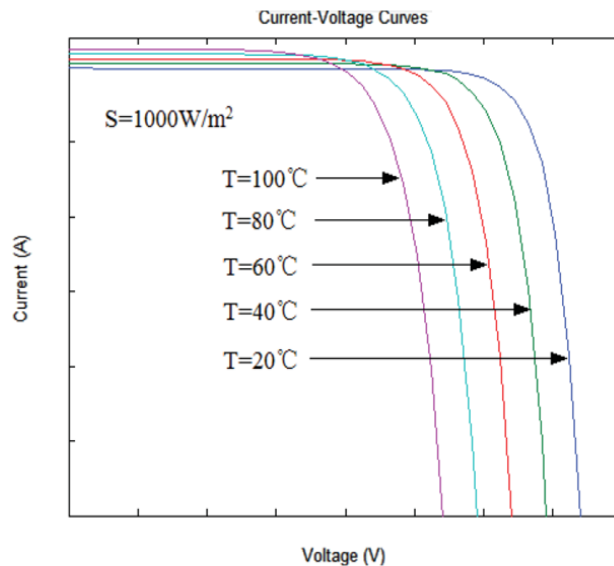
$$I_{ph} = [I_{scr} + k_i(T - T_r)] \frac{S}{1000} \quad (3)$$

Dimana  $I_{sc}$  adalah arus hubung singkat PV;  $K_i$  adalah koefisien suhu arus hubung singkat;  $S$  adalah tingkat radiasi matahari [7-8].

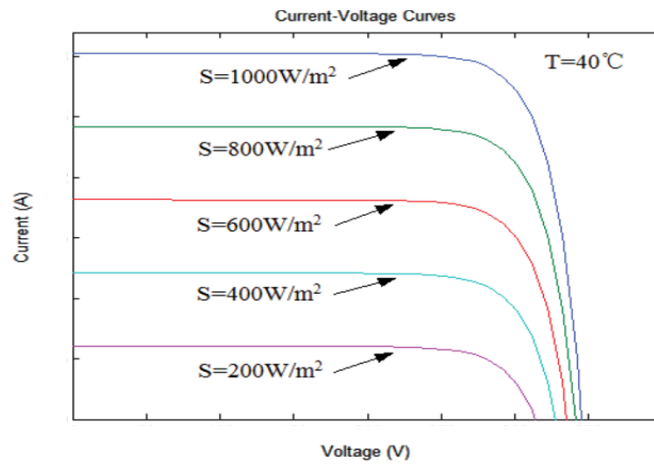
Daya keluaran modul PV adalah hasil perkalian tegangan terminal,  $V$  dan arus keluaran,  $I_o$ ; Sehingga [7-8]

$$P = n_p V I_{ph} - n_p V I_0 \left[ e^{\frac{q(V - n_p V - IR_s)}{nkT}} - 1 \right] \quad (4)$$

Dari persamaan (4), dapat diketahui bahwa karakteristik modul PV akan berubah saat nilai dari variabel  $T$  dan  $S$  berubah. Perubahan dua variabel ini akan menyebabkan perubahan kurva daya terhadap tegangan (P-V) dan kurva arus terhadap tegangan (I-V). Selain penyinaran matahari, faktor lain yang mempengaruhi karakteristik modul PV adalah suhu lingkungan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar.3 dan 4.



Gambar 3. Kurva arus terhadap tegangan pada PV akibat temperatur [7-8]



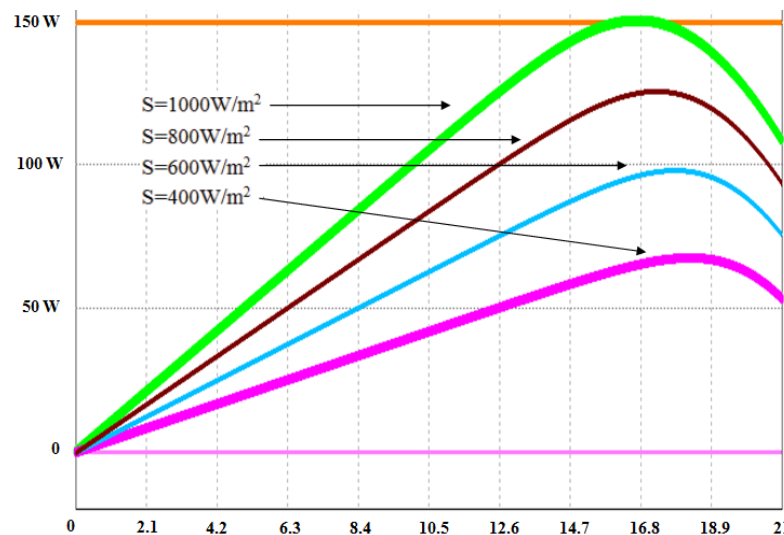
Gambar 4. Kurva arus terhadap tegangan pada PV akibat perubahan radiasi [7-8]

Spesifikasi kelistrikan modul PV yang digunakan dalam penelitian ini telah disediakan oleh produsen. Spesifikasi ini pada kondisi ideal, yaitu pada radiasi matahari standar (1000 W/m<sup>2</sup>) dan pada suhu lingkungan 25<sup>0</sup>C seperti pada Tabel 1.

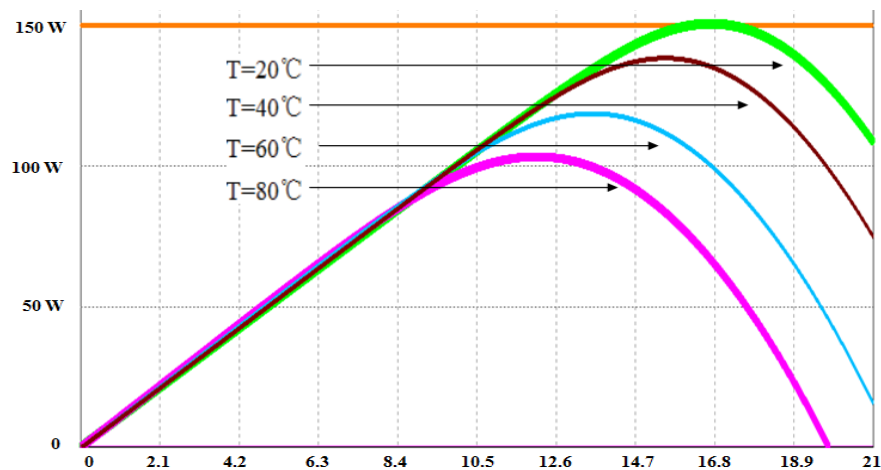
Tabel 1. Karakteristik modul PV

No	Spesifikasi	
1	Kode produk	150021209
2	Daya maksimum (P <sub>max</sub> )	150W
3	Arus Hubung singkat (I <sub>sc</sub> )	9.17A
4	Tegangan rangkaian terbuka (V <sub>oc</sub> )	21.6V
5	Arus saat P <sub>max</sub> (I <sub>mp</sub> )	8.34A
6	Tegangan saat P <sub>max</sub> (V <sub>mp</sub> )	18V
7	Koefisien suhu pada I <sub>sc</sub>	(0.064±0.014)%/°C
8	Koefisien suhu pada P <sub>max</sub>	-(0.4±0.04)%/°C
9	Koefisien suhu pada V <sub>oc</sub>	-(80±10)mV/°C
10	Tegangan sistem Maksimum	1000V DC
11	Tegangan kerja	-40°C to 86°C
12	NOCT (Air 20°C; Sun 0.8kW/m <sup>2</sup> wind 1m/s)	48±2°C
13	Toleransi daya	± 5%

Gambar 5 dan 6 menunjukkan kurva daya dari modul PV yang digunakan (Kurva P-V) untuk kondisi cuaca (radiasi dan suhu) yang berbeda berdasarkan perkiraan dari perhitungan sebelumnya



Gambar 5. Kurva Daya vs Tegangan berdasarkan radiasi matahari



Gambar 6. Kurva Daya vs Tegangan berdasarkan temperatur sekitar

Pada saat yang sama, dapat dilihat bahwa perubahan radiasi matahari dan suhu lingkungan akan mempengaruhi daya keluaran modul PV. Daya keluaran dari modul PV berubah ketika terjadi perubahan besar radiasi matahari pada saat suhu permukaan PV 25°C, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dan daya keluaran PV akan berubah saat terjadi perubahan suhu dari 20°C sampai 80°C pada saat radiasi matahari 1000 W/m<sup>2</sup>, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dari Gambar 4 dan Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa daya keluaran Modul PV dipengaruhi oleh radiasi matahari dan suhu lingkungan. Jadi, MPP akan berubah saat kondisi atmosfer berubah

### Konverter DC-DC

Konverter DC-DC diperlukan untuk mengontrol tegangan keluaran modul PV agar mencapai titik daya maksimum. Beberapa modul konverter DC-DC akan dipaparkan dalam penelitian ini.

#### 1. Konverter Buck

Konverter buck dapat ditemukan dalam literatur-literatur sebagai Konverter step down [12]. Hal ini karena konverter buck beroperasi dengan mengubah tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang lebih rendah atau sama dengan tegangan masukan. Persamaan rasio konversi adalah  $V_o = D \cdot V_i$ .  $V_o$  bervariasi tergantung pada pengendalian rasio tugas  $D$  dari saklar [13].

#### 2. Konverter Boost

Konverter boost beroperasi dengan mengubah tegangan input ke tegangan output yang lebih tinggi. Konverter boost juga bisa ditemukan dalam literatur sebagai Konverter step-up. Konverter boost sering digunakan pada modul baterai untuk digunakan di rangkaian elektronik yang memerlukan tegangan operasi yang lebih tinggi daripada tegangan sumber, misal Ponsel, notebook, dll. Proses transfer energi dalam Konverter boost dilakukan dengan kombinasi empat komponen yaitu power switch, induktor, kapasitor dan dioda. Proses transfer energi akan tercipta dengan siklus switching MOSFET [14]. Dengan kata lain, tegangan output rata-rata dikontrol dengan mengubah durasi on-off dari mosfet. Pada frekuensi switching tetap, pengontrolan durasi off dan on mosfet juga disebut modulasi lebar pulsa ( Pulse switching modulation/ PWM). Rumus tegangan keluaran konverter boost ditulis sebagai,

$$V_o = \frac{V_s}{1 - D} \quad (1)$$

Dimana  $V_o$  adalah tegangan output,  $V_{in}$  adalah tegangan input dan  $D$  adalah duty cycle [15].

#### 3. Konverter Buck-boost

Konverter Buck boost beroperasi dengan mengubah tegangan input DC menjadi tegangan output DC dengan nilai yang lebih tinggi atau nilai yang lebih rendah. Konverter Buck boost adalah kombinasi dari dua topologi konverter yang berbeda, yaitu konverter buck dan konverter boost. Akan tetapi, konverter buck-boost membuat tegangan output terbalik [16]. Konverter Buck boost terdiri dari mosfet daya

sebagai komponen switching, dioda, induktor (L), kapasitor filter (C) dan resistor sebagai beban (RL). Rumus transfer tegangan output buck boost converter ditulis sebagai,

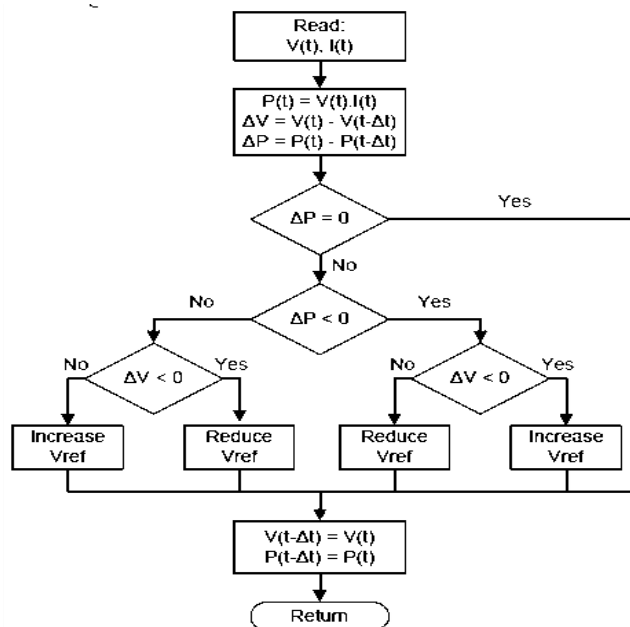
$$V_o = -\frac{V_{in} D}{(1-D)} \quad (2)$$

### 3. Metode Algoritma Perturb And Observe

Teknik MPPT utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Perturb and Observe (P&O). Selain itu, dalam bagian ini akan dijelaskan juga daya keluaran pada PV tanpa MPPT, PV dengan Duty Cycle yang tetap, dan PV dengan Open Circuit Voltage. PV tanpa MPPT adalah sistem PV tanpa konverter DC-DC. Sehingga, tegangan keluaran PV dibuat sedemikian rupa naik dan turun menyesuaikan suhu dari modul PV. PV dengan fix duty cycle berarti mengontrol konverter DC-DC tanpa ada umpan balik tegangan. Terdapat impedansi beban yang akan disesuaikan sekali saja saat MPP pertama dan tidak perlu disesuaikan lagi walau radiasi matahari dan suhu modul PV berubah.

Metode Open Circuit Voltage (OCV) didasarkan pada pengamatan dan perhitungan bahwa  $V_{MPP}$  biasanya berbanding lurus dengan tegangan rangkaian terbuka ( $V_{OC}$ ) modul PV.  $V_{MPP}$  menunjukkan bahwa tegangan saat MPP biasanya terjadi pada sekitar 70% sampai 80% dari  $V_{OC}$  untuk modul PV polikristalin dengan rentang suhu 0 sampai 60°C dan rentang radiasi matahari 200 sampai 1000 W/m<sup>2</sup> [9-10]. Oleh karena itu, skema kontrol close-loop diperlukan untuk mengatur tegangan modul PV sesuai  $V_{MPP}$  saat itu. Metode OCV membutuhkan pengukuran  $V_{OC}$ . Hal ini karena variasi kondisi cuaca (radiasi dan suhu matahari), walaupun  $V_{MPP}$  hanya berubah sedikit saat intensitas radiasi matahari berubah, namun berubah banyak saat suhu PV berubah. Untuk melakukan metode ini, diperlukan saklar tetap yang terhubung secara seri dengan modul PV untuk membuat kondisi rangkaian terbuka untuk setiap perubahan cuaca, yang juga akan menyebabkan osilasi besar pada daya keluaran modul PV. Namun, karena perubahan  $V_{OC}$  terjadi seiring dengan perubahan radiasi dan suhu matahari dan hubungan  $V_{MPP}$  dan  $V_{OC}$  dipengaruhi oleh bayang-bayang benda yang menutupi modul PV, nilai  $V_{MPP}$  yang sebenarnya pada prakteknya sulit untuk didapatkan [11].

Metode P&O tidak memerlukan pengukuran tegangan rangkaian terbuka ataupun arus hubung singkat. Metode P&O bekerja secara berkala menaikkan atau menurunkan tegangan keluaran modul PV dan membandingkan daya pada siklus sekarang dengan daya pada siklus sebelumnya. Jika tegangan berubah dan daya naik, MPPT akan melanjutkan titik kerja pada arah itu. Jika tidak, titik kerja akan dimodifikasi ke arah yang berlawanan. Sekali arah untuk modifikasi diketahui, arus akan berubah pada nilai yang hampir tetap. Nilai ini merupakan titik yang harus diatur sehingga memungkinkan tercapainya keseimbangan dengan respons yang cepat walau terjadi osilasi pada kondisi steady-state. Proses ini akan terus dilakukan sampai MPP tercapai.

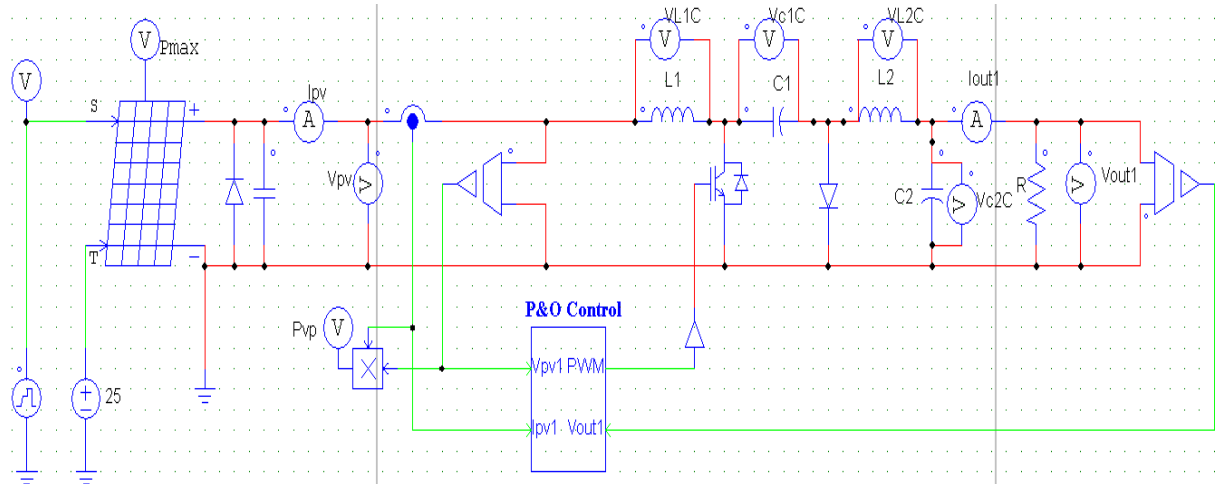


Gambar 7. Flowchart algoritma P&O

Namun demikian, sistem ini akan beresilasi di sekitar MPP sepanjang proses berlangsung, dan tentu proses ini akan mengakibatkan hilangnya energi. Osilasi ini dapat diminimalisir dengan mengurangi ukuran perturbasi namun akan memperlambat tercapainya MPP. Gambar 7 menyajikan diagram alir algoritma ini. Jadi, sistem MPP akan berubah menyesuaikan kondisi atmosfer yang berubah.

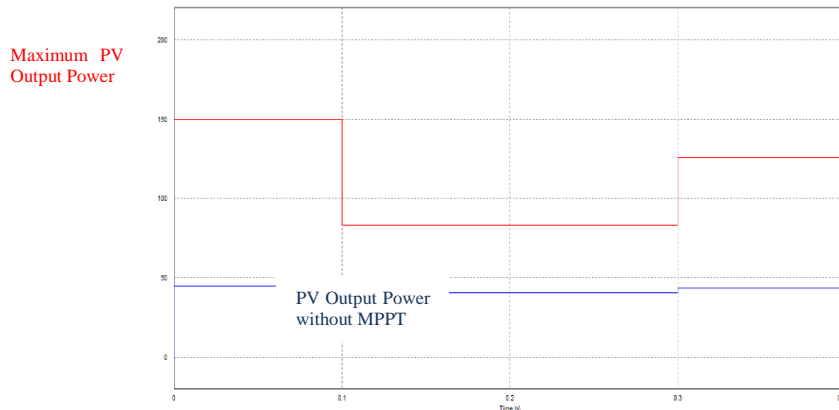
**4. Hasil dan Pembahasan**

Simulasi sistem PV standalone dengan menggunakan Software PSIM dapat ditunjukkan pada Gambar 8. Pemodelan ini terdiri dari modul PV, konverter DC-DC, metode kontrol (P&O) dan beban (resistor).



Gambar 8. Pemodelan PSim untuk PV standalone dengan MPPT

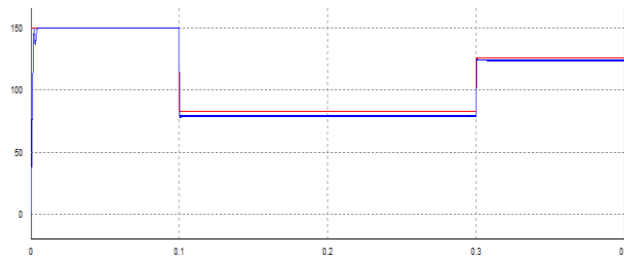
Daya keluaran PV bergantung pada suhu lingkungan dan radiasi matahari. Suhu lingkungan tidak dapat berubah secara drastis dan efek yang ditimbulkan juga lambat sehingga metode P&O tidak mengalami kesulitan untuk melacak titik daya maksimum [8]. Namun, perubahan kondisi cuaca dapat berlangsung dengan cepat dan awan dapat secara tiba-tiba menghalangi cahaya matahari yang membuat radiasi matahari yang diterima PV turun secara drastis, sehingga sistem MPPT harus dapat menghadapi perubahan mendadak sedemikian rupa. Oleh karena itu, kinerja metode P&O di bawah perubahan mendadak radiasi matahari akan diuji coba dalam penelitian ini.



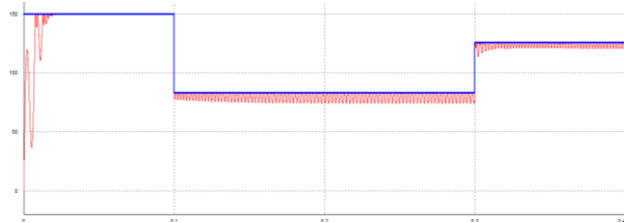
Gambar 9. Daya maksimum PV standalone dengan dan tanpa MPPT

Daya keluaran PV dengan perubahan radiasi matahari mendadak ditunjukkan pada gambar 9. Nilai radiasi matahari bervariasi 1000 W/m<sup>2</sup> dalam 0-0.1s, 500 W/m<sup>2</sup> dalam 0.1-0.3s dan 800 W/m<sup>2</sup> pada 0.3-0.4s. Berdasarkan parameter modul PV yang dimasukkan ke dalam simulasi PSIM, variasi radiasi matahari akan membuat daya keluaran maksimum perubahan PV dari 150 W menjadi 83,4 W dan kemudian menjadi 125,8 W. Tanpa teknik MPPT, daya keluaran PV tidak akan mencapai nilai maksimum seperti pada gambar 4. Daya yang dihasilkan tanpa MPPT sebesar 44.9W lalu ke 40.7W dan

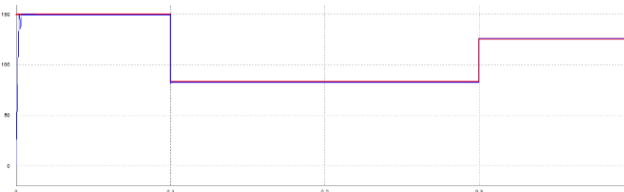
kemudian ke 43.4W atau hanya sekitar 33,3% dari daya keluaran maksimum PV. MPPT dengan beberapa konverter dc-dc akan disajikan untuk membuat perbandingan.



Gambar 10. Daya keluaran dengan konverter Buck



Gambar 11. Daya keluaran dengan konverter Boost



Gambar 12. Daya keluaran dengan konverter Buck-Boost

**Tabel 2.** Daya Keluaran PV

<b>Pmpp</b>	<b>Buck</b>	<b>Boost</b>	<b>Buck- Boost</b>
S= 1000W/m <sup>2</sup> & Pmax=150W			
Mean (W)	150	150	150
Difference (%)	0	0	0
Ripple (%)	0	0	0
S= 500W/m <sup>2</sup> & Pmax=83.4W			
Mean (W)	79.4	79.3	82.4
Difference (%)	4.79	4.91	1.19
Ripple (%)	0	11.12	0
S= 800W/m <sup>2</sup> & Pmax=125.8W			
Mean (W)	124.3	124	125.8
Difference (%)	1.19	1.43	0
Ripple (%)	0	3.92	0



Gambar 10-12 menunjukkan daya keluaran maksimum PV dengan menggunakan metode P&O dengan berbagai jenis konverter dc-dc. Berdasarkan gambar 10-12 sebelumnya, diambil beberapa karakteristik daya keluaran PV berdasarkan penggunaan konverter buck, boost, dan buck boost seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Berdasarkan gambar 10-12 dan tabel 2, konverter buck memiliki kurva yang halus. Dalam kondisi radiasi matahari yang optimal, yaitu 1000 w/m<sup>2</sup>, PV menghasilkan daya keluaran maksimal. Namun, ketika radiasi matahari turun drastis menjadi 500 W/m<sup>2</sup>, daya yang dihasilkan hanya 79,4 W atau berbeda 4,79% dari daya maksimum pada radiasi matahari 500W/m<sup>2</sup>. Selanjutnya, bila penyinaran matahari naik menjadi 800W/m<sup>2</sup>, konverter buck dapat menghasilkan daya mendekati daya optimum PV, yaitu 124,3W atau berbeda 1,19% dari daya maksimum PV.

Konverter Boost juga memiliki grafik yang halus saat kondisi optimal. Daya yang dihasilkan juga maksimal, yaitu 150W. Namun, ketika radiasi matahari turun drastis menjadi 500 W/m<sup>2</sup>, kurva daya PV tidak lagi halus, namun terdapat riak sebesar 11,12%. Daya rata-rata yang dihasilkan juga memiliki perbedaan cukup besar dibandingkan dengan daya maksimum, yaitu 4,91%. Riak yang timbul juga berlanjut saat radiasi matahari menjadi 800 W/m<sup>2</sup>, yaitu 3,92%. Daya keluaran rata-rata yang dihasilkan sebesar 124W atau mempunyai perbedaan sekitar 1,43% dari daya optimum.

Konverter Buck boost juga menghasilkan grafik daya yang halus seperti halnya konverter buck. Daya yang dihasilkan juga mendekati atau bahkan hampir sama dengan daya maksimum PV dalam kondisi radiasi matahari bervariasi. Daya yang dihasilkan adalah 150W bila radiasi matahari 1000 W/m<sup>2</sup> atau berbeda 0% dengan daya maksimum PV, 82,4W bila radiasi matahari 500 W/m<sup>2</sup> atau berbeda 1,19% dari daya maksimum PV saat itu dan 125,8W bila Radiasi matahari adalah 800 W / m<sup>2</sup> atau berbeda 0% dari daya maksimum PV saat itu.

Berdasarkan analisis pada tabel dan gambar sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa konverter dc-dc terbaik berdasarkan riak daya yang paling minimum dan daya maksimum PV yang dihasilkan oleh berbagai kondisi radiasi matahari adalah konverter buck boost. Riak yang dihasilkan adalah 0% dan selisih daya keluaran dengan daya maksimum PV adalah 1.19%. Konverter kedua yang bisa direkomendasikan untuk MPPT adalah konverter buck. Konverter ini memiliki kurva daya yang mulus dan menghasilkan daya keluaran yang tidak jauh berbeda dengan daya maksimum PV.

## 5. Kesimpulan

Penelitian ini menyajikan perbandingan dari penggunaan beberapa konverter DC-DC untuk mendapatkan daya maksimum modul PV dengan metode P&O. Konverter DC-DC merupakan modul utama yang beroperasi sesuai dengan sinyal sistem pengendali sehingga MPP modul PV dapat tercapai. Sebuah modul PV standalone sederhana yang memiliki nilai standar pabrik telah disimulasikan. Berdasarkan hasil simulasi, Konverter Buck boost keluar sebagai konverter DC-DC yang paling baik dalam mencari titik daya maksimum, kinerja transien yang baik, daya riak yang kecil bahkan mendekati nol persen, dan kesederhanaan dalam implementasi. Akhirnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu untuk memilih konverter DC-DC dalam menerapkan MPPT dalam sistem PV secara nyata di masa depan.

## Referensi

- [1] M.E.Ahmad and S.Mekhilef, "Design and Implementation of a Multi Level Three-Phase Inverter with Less Switches and Low Output Voltage Distortion," *Journal of Power Electronics*, vol. 9, pp. 594-604, 2009.
- [2] R. Faranda and S. Leva, "Energy Comparison of MPPT techniques for PV Systems," *WSES Transaction on Power Systems*, vol. 3, pp. 446-455, 2008
- [3] E. I and O. Rivera, "Maximum Power Point Tracking using the Optimal Duty Ratio for DC-DC Converters and Load Matching in Photovoltaic Applications," *IEEE*, pp. 987-991, 2008
- [4] Y.-H. Chang and C.-Y. Chang, "A Maximum Power Point Tracking of PV System by Scaling Fuzzy Control," presented at International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong, 2010
- [5] Hairul Nissah Zainudin Saad and Mekhilef, "Comparison Study of Maximum Power Point Tracker Techniques for PV Systems ", *Proceedings of the 14th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON'10)*, December 19-21, 2010, Paper ID 278

- [6] M. Azab, "A New Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems," in WASET.ORG, vol. 34, 2008, pp. 571-574.
- [7] Jiyong Li and Honghua. Wang, "A Novel Stand-alone PV Generation System Based on Variable Step Size INC MPPT and SVPWM Control", IPEMC 978-1-4244-3557-9-2009
- [8] Fangrui Liu, Yong Kang, Yu Zhang and Shanxu Duan, "Comparison of P&O and Hill Climbing MPPT Methods for Grid-Connected PV Converter", IEEE 978-1-4244-1718-6-2008.
- [9] Mei Shan Ngan and Chee Wei Tan, "A Study of Maximum Power Point Tracking Algorithms for Stand-alone Photovoltaic Systems", IEEE Applied power electronics colloquium (IAPEC), 2011
- [10] Moacyr A. G. de Brito, Leonardo P. Sampaio, Luigi G. Junior, Carlos A. Canesin, "Evaluation of MPPT Techniques for Photovoltaic Applications", IEEE, 978-1-4244-9312-8/11 ©2011
- [11] Huiying Zheng, Shuhui Li, Senior Member, IEEE, Ke Bao, and Dong Zhang, "Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Control Strategies for Solar PV Systems", IEEE 978-1-4673-1935-5/12 ©2012
- [12] H. Knopf, "Analysis, Simulation, And Evaluation of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Methods for a solar power vehicle," in Electrical and Computer Engineering, vol. Master of Science in Electrical and Computer Engineering: Portland State University 1999, pp. 177
- [13] T.S. USTUN and S. Mekhilef, "Effects of a Static Synchronous Series Compensator (SSSC) Based on Soft Switching 48 Pulse PWM Inverter on the Power Demand from the Grid," Journal of Power Electronics, vol. 10, pp. 85-90, 2010.
- [14] B. M Hasaneen, and Adel A. Elbaset Mohammed, "Design and simulation of DC/DC boost converter," Power System Conf. Middle-East, pp. 335-340, 2008.
- [15] Ned Mohan, Tore M. Undeland, and Williams P. Robbins, Power Electronics: Converters, Applications, and Design, 3rd ed., John Wiley & Sons: USA, 2003, pp. 161
- [16] W. Hart, Danil. (1997). Introduction to Power Electronics. Valparaiso University, Indiana: Prentice-Hall International, Inc.
- [17] Daniel W. Hart, "Power Electronics", Mc Graw Hill, 2010
- [18] Mohan, Undeland, Robbins. Power electronics converters, applications, and design. 2nd ed. John Wiley & Sons Ltd. 1995