

Simulasi Multi Input DC-DC Konverter dan MPPT Perturb and Observe (P&O) pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Alamsyah Achmad¹⁾, Yanwar M.S.²⁾, Soedibyo³⁾, Mochamad Ashari⁴⁾

Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email: alamsyahachmad6392@gmail.com

Abstrak

Perubahan cuaca lokal sering terjadi sehingga tingkat kehandalan sistem *photovoltaic* (PV) semakin berkurang. Sistem PV *group* skala besar akan terjadi drop tegangan dan daya saat salah satu PV tertutup mendung sehingga sulit untuk memperoleh daya maksimal pada PV. Dalam mengatasi masalah ini maka PV skala besar akan lebih efektif jika disusun dalam grup-grup kecil untukantisipasi perubahan cuaca lokal. Untuk mengatur aliran daya maka digunakan sebuah *Multi Input Converter* (MIC) pada sistem PV untuk mengatasi permasalahan tersebut. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan didesain sebuah *Multi input converter* yang terdiri dari empat set *parallel dc-dc boost converter* untuk menghasilkan tegangan keluaran. *Perturb and Observe (P&O) algorithm* digunakan untuk mengatur switching pada MIC sehingga memperoleh MPP (*Maximum Power Point*) dari masing-masing blok PV. Hasil dari desain ini diperoleh perbedaan yang signifikan pada mode *shading 2* di mana *Multi Input Converter* (MIC) diperoleh daya output 480W sedangkan *Single Input Converter* (SIC) diperoleh daya output 350W. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka efisiensi dari PV dapat ditingkatkan.

Kata kunci: *Photovoltaic, Multi input converter, Perturb and Observe (P&O), MPP Tracking*

A. Latar Belakang

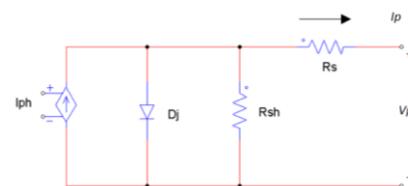
Salah satu sumber energi terbarukan yang banyak digunakan adalah energi surya. Sistem konversi energi surya (*photovoltaic*) telah menjadi teknologi industri dengan pertumbuhan yang pesat di berbagai negara dikarenakan persediaan sumber energi konvensional yang semakin menipis dan mengakibatkan polusi serta gas rumah kaca sehingga kontribusi dari energi terbarukan akan terus ditingkatkan. Penggunaan *photovoltaic* atau *solar cells* dewasa ini semakin banyak digunakan, baik untuk bidang komersial maupun residensial. Untuk mendapatkan tingkat keluaran daya maksimal dari suatu *photovoltaic* maka diperlukan adanya suatu sistem yang berfungsi agar *photovoltaic* dapat mencapai titik kerja optimalnya.

Perubahan cuaca lokal sering terjadi sehingga tingkat kehandalan sistem *photovoltaic* (PV) semakin berkurang. Sistem PV besar sulit untuk diatur karena nilai tegangan yang berbeda pada masing-masing blok dan membutuhkan *duty cycle* yang berbeda pula sehingga akan lebih efektif jika sistem PV skala besar dibagi menjadi skala kecil untuk memperoleh daya maksimum. Saat ini, konsep *Multi Input Converter* (MIC) banyak diusulkan untuk mengakomodasi beberapa sumber energi terbarukan. Konverter ini memberikan topologi rangkaian yang sederhana, kontrol terpusat, keandalan yang tinggi dan biaya produksi yang rendah. *Multi Input Converter* digunakan untuk mempermudah PV skala besar dalam memberikan daya maksimalnya. Dengan rencana yang ada, diharapkan mampu mensimulasikan sistem *Multi Input Converter* yang tersambung dan

dapat mengalirkan daya ke beban. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan didesain sebuah *Multi Input Converter* yang mampu secara langsung meningkatkan tegangan dan memberikan daya maksimal dengan membagi sistem PV skala besar menjadi sistem PV skala kecil.

B. Dasar Teori *Photovoltaic*

Teknologi *photovoltaic* (PV) sistem telah meningkatkan peran dalam teknologi tenaga listrik, menyediakan sumber daya yang lebih aman dan pasokan listrik yang bebas dari polusi (*J. Applebaum, (1987); Solar photovoltaic* adalah fenomena dimana radiasi matahari diubah langsung menjadi energi listrik melalui panel surya (*V. Salas, dkk 2006;*). PV dimodelkan sebagai sebuah rangkaian ekuivalen yang ditunjukkan pada Gambar 1. R_{sh} dan R_s adalah resistansi intrinsik yang tersusun secara paralel dan seri. Nilai R_{sh} adalah sangat besar sedangkan R_s sangat kecil. Hal ini mengakibatkan dua variabel tersebut dapat secara mudah diabaikan dalam proses analisis. Sel PV yang tersusun menjadi unit yang lebih besar disebut modul-modul PV. Kemudian, modul-modul PV dihubungkan secara seri dan paralel untuk membentuk *PV arrays*.



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Sel PV

Model matematis dari *PV arrays* dapat direpresentasikan dengan persamaan berikut :

$$I_{PV} = n_p I_{ph} - n_p I_{sat} \left[\exp \left(\frac{q}{KAT} \frac{V_{PV}}{n_s} \right) - 1 \right] \tag{1}$$

dengan I_{PV} adalah arus output dari *PV arrays* (dalam Ampere), V_{PV} adalah tegangan output dari *PV arrays*, n_s adalah jumlah modul yang tersusun secara seri, n_p adalah jumlah modul yang tersusun secara paralel, q adalah muatan elektron, K adalah konstanta Boltzmann, A adalah faktor ideal dari p-n junction, T adalah suhu sel PV (dalam Kelvin), dan I_{sat} adalah arus saturasi negatif. (S. J. Chiang, (2009);).

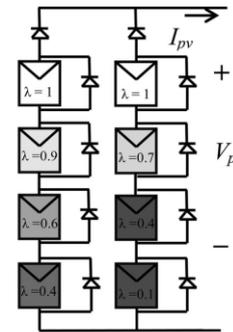
C. Photovoltaic Kondisi Partial Shading

Pemakaian *photovoltaic* secara konvensional memiliki kekurangan yaitu efisiensi keluaran yang rendah. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu besarnya tingkat intensitas cahaya dan suhu kerja dari panel surya. Selain itu efisiensi dari sebuah PV juga dipengaruhi oleh kondisi sekitar seperti pada gambar 2, adanya gedung pepohonan ataupun awan yang dapat menutupi permukaan dari PV. Sehingga dapat menyebabkan PV dalam keadaan *partially shaded*. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat memaksimalkan daya keluaran dari PV tersebut. A. (Dolara, (2013);)

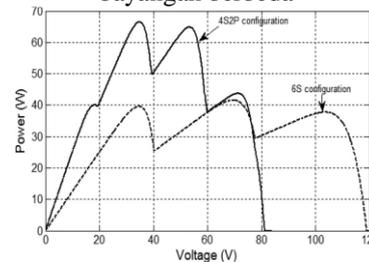


Gambar 2. *Photovoltaic* tertutup bayangan

Pada sistem PV yang besar, kondisi partial shading terjadi apabila modul PV menerima radiasi surya yang berbeda-beda karena PV tersebut tertutup oleh bayangan, baik itu bayangan bangunan atau pepohonan, atau awan yang bergerak menutupi sebagian modul PV seperti pada gambar 3. Kondisi partial shading yang dimaksud dapat menyebabkan daya keluaran dari PV array menurun. Pada gambar 4 ditunjukkan kondisi *partial shading* menimbulkan efek langsung yaitu kurva karakteristik PV yang dihasilkan menjadi kompleks dengan beberapa titik puncak (K. Sundareswaran, (2013);)



Gambar 3. *Partial shading* dengan jumlah bayangan berbeda



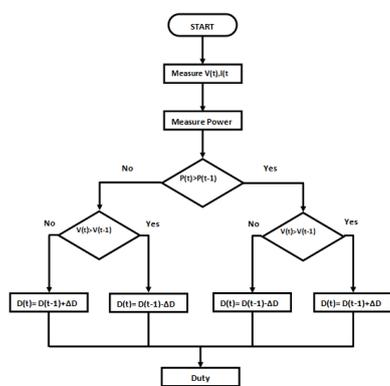
Gambar 4. Karakteristik PV oleh *partial shading*

Mengekstrak daya maksimum dari kondisi partial shading PV array dapat dikategorikan menjadi empat kelompok, (Chong B.V.P, (2013);). Pada kelompok pertama dan kedua, menggunakan teknik MPPT yang telah dimodifikasi sehingga mampu konvergen ke global maximum power point (GMPP) dan menggunakan rekonfigurasi array yang berbeda. Kelompok ketiga dan keempat, menggambarkan arsitektur sistem PV yang berbeda dan melibatkan topologi konverter yang berbeda seperti inverter multilevel. Kategori dua, tiga dan empat merupakan kategori yang mahal, melibatkan kontrol yang kompleks, membutuhkan lebih banyak komponen, dan kerugian switching yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan teknik MPPT.

D. Maximum Power Point

Tantangan utama dalam penggunaan PV adalah kesesuaian arus dan tegangan yang menghasilkan *maximum power point* (MPP) untuk menghasilkan daya maksimum sesuai kurva PV. Biaya atau modal awal PV yang tinggi serta efisiensi konversi energi yang rendah menjadi perhatian penting untuk mengoperasikan PV pada MPP sehingga daya maksimum dapat dicapai. Output daya maksimum PV tergantung pada kondisi pengoperasian yang bervariasi dari waktu ke waktu diakibatkan oleh suhu, radiasi dan beban sehingga pelacakan dan penyesuaian dalam memperoleh titik maksimum dilakukan secara berkesinambungan. PV array dapat memasok daya maksimum ke beban pada titik operasi tertentu yang umumnya disebut sebagai titik daya maksimum (MPP), di mana seluruh sistem PV beroperasi dengan efisiensi maksimum dan menghasilkan daya maksimum.

Sistem pengendalian pada MIC digunakan untuk meningkatkan efisiensi dari photovoltaic. Pengendalian pada MIC diharapkan agar dapat meningkatkan efisiensi *photovoltaic*. Maka dari itu dibutuhkan output dari *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) yang berfungsi sebagai pemberi sinyal referensi dari *Pulse Width Modulation* (PWM). MIC menjadi lebih efektif ketika konverter meningkatkan atau menurunkan tegangan pada suatu arus tertentu ketika MPPT mencari daya maksimum dengan meningkatkan atau menurunkan tegangan dan arus, penggunaan MPPT *Controller* dapat didesain menggunakan algoritma konvensional maupun menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) berupa *Perturb and Observe Algorithm* (P&O), (Ammirul. M., (2013);)



Gambar 5. Algoritma P&O

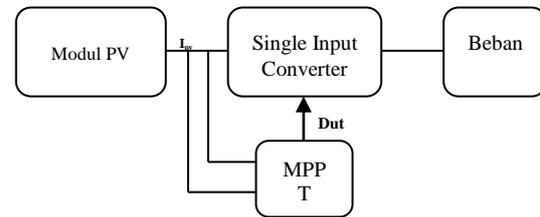
Perturb and observe (P&O) merupakan algoritma yang mampu mendeteksi daya maksimal yang mampu dikeluarkan oleh PV untuk diterapkan pada sistem MPPT. Seperti yang terlihat pada gambar 5 menunjukkan keluaran dari P&O merupakan *duty cycle* untuk mengatur konverter agar dapat mengeluarkan daya maksimum dari PV.

E. Multi input Dc-Dc Konverter

Dalam beberapa penerapan seperti motor listrik atau supply daya ke grid, dibutuhkan atau bekerja pada tegangan yang relatif tinggi dan stabil. Digunakan sebuah *step-up converter* untuk meningkatkan tegangan dari sumber ke level tegangan yang dibutuhkan dan untuk menghasilkan tegangan output yang lebih stabil meskipun dengan tegangan sumber yang bervariasi. (Fellippe S, (2013);)

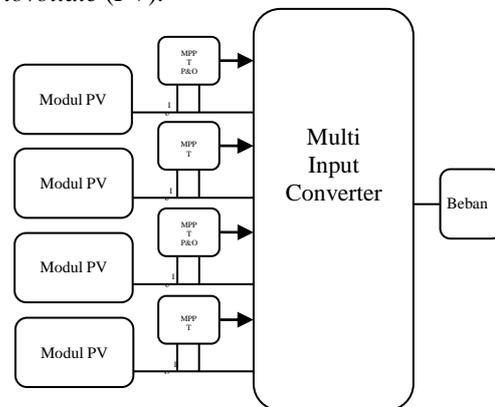
Pengoperasian *photovoltaic* tidak lepas dari peran penting konverter dalam sistem. Jenis konverter yang digunakan yaitu *DC – DC Converter* karena *output* dari *photovoltaic* itu sendiri berupa tegangan DC. Pemilihan jenis konverter menjadi objek utama penelitian dalam beberapa tahun belakangan ini. Terdapat berbagai jenis konverter, seperti *boost*, *buck-boost*, *SEPIC*, dan *Multiinput Converter* (MIC) digunakan sesuai dengan kebutuhan sistem. *Boost converter* dapat

digunakan apabila tegangan beban lebih besar daripada tegangan yang dibangkitkan oleh *photovoltaic*. Dalam penyelesaian masalah perbedaan tegangan tersebut, dapat digunakan *multi input boost converter* dalam sistem *photovoltaic*.



Gambar 6. Skema PV skala besar menggunakan *single input converter*

Pendekatan konvensional *single input converter* menghubungkan beberapa sumber energi dengan baik satu sama lain secara seri atau paralel. Sumber-sumber yang ditempatkan secara seri harus memiliki arus yang sama dan sebagai sumber yang berbeda memiliki tingkat tegangan yang berbeda-beda, sehingga tidak dapat langsung terhubung dalam paralel. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu konverter daya yang menghubungkan beberapa sumber dalam satu sistem untuk memasok permintaan beban. Sebuah contoh dari sistem yang membutuhkan beberapa konverter adalah sistem *photovoltaic* (PV).



Gambar 7. Skema PV skala besar menggunakan Multi input converter (MIC)

Sistem PV konvensional memiliki kesulitan untuk mengatur *duty cycle* untuk mengeluarkan daya maksimum pada saat beberapa PV tertutup mendung maka digunakan multi input converter untuk lebih teliti dalam mengatur *duty cycle* dan memperoleh daya maksimal pada PV dalam kondisi perubahan cuaca lokal. Suatu kelebihan yang menguntungkan menggunakan multi input konverter dibanding dengan konverter jenis lain yaitu jumlah komponen sedikit, kontrol sederhana, lebih stabilitas, dan juga *losses* dalam sistem lebih rendah. Contoh dari sistem yang menggunakan konverter multi-input kondisi *partial shading*

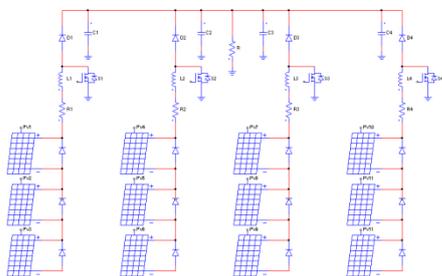
ditunjukkan pada Gambar 6. Sistem ini hanya terdiri dari sebuah multi-input konverter tanpa harus menggunakan dua konverter yang terpisah.

Saat ini, konsep multiple-input konverter (MIC) telah diusulkan untuk dioperasikan dibeban beberapa sumber energi terbarukan. Konverter ini memberikan topologi rangkaian sederhana, kontrol terpusat, keandalan yang tinggi, dan menurunkan biaya produksi. *Synthesizingmics* telah diperkenalkan pada (Y. Ch. Liu and Y. M. Chen, (2009);

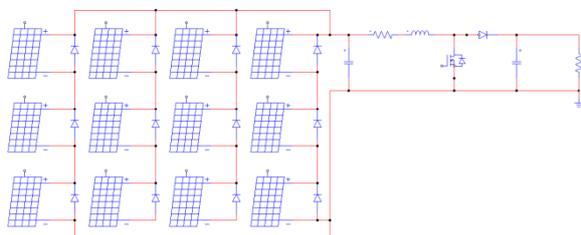
Berdasar tinjauan pustaka di atas, pada penelitian ini akan didesain sebuah sistem multi input dc-dc konverter pada sistem PV besar. Kemudian sistem PV besar dibagi menjadi grup-grup kecil untuk mempermudah memperoleh *output* maksimal pada PV yang digunakan. Lalu, keakuratan *Perturb and observe algorithm* akan digunakan sebagai MPPT *Controller* pada sistem ini agar sistem dapat bekerja secara optimal. Sistem dc-dc konverter dengan multi input ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dari sistem *photovoltaic* yang digunakan.

F. Desain dan Hasil Simulasi

Untuk mengevaluasi kinerja multi input konverter dan MPPT *Perturb and Observe (P&O)*, maka dilakukan studi simulasi. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak power simulator (PSIM). Berikut ini adalah gambar dari hasil simulasinya.



Gambar 8. Desain *Multi input DC-DC converter* dengan MPPT *Perturb and Observe (P&O)*



Gambar 9. Desain *Single input DC-DC converter* dengan MPPT *Perturb and Observe (P&O)*

Manufacturer Datasheet	
Number of Cells Ns:	36
Maximum Power Pmax:	43.6 (W)
Voltage at Pmax:	11.56 (V)
Current at Pmax:	3.7 (A)
Open-Circuit Voltage Voc:	12.8 (V)
Short-Circuit Current Isc:	3.4 (A)

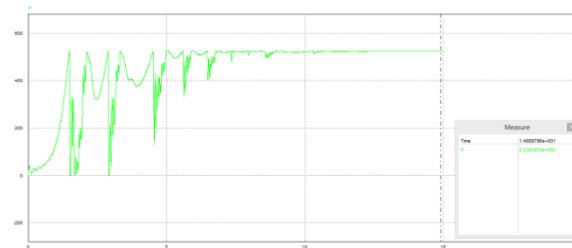
Gambar 10. Spesifikasi PV

Gambar 8 menunjukkan desain *Multi input DC-DC converter* dengan MPPT *Perturb and Observe (P&O)* menggunakan 12 panel PV yang tersusun secara seri dan paralel. Sistem *Multi input converter* akan dibandingkan dengan sistem *Single input converter* dengan 12 panel PV yang juga tersusun seri dan paralel seperti yang terlihat pada gambar 9. Dengan Spesifikasi PV dapat dilihat dari pada gambar 10 pada kuat penyinaran ch_y 1000 w/m² maka daya pv = 523,2 W untuk 12 panel PV.

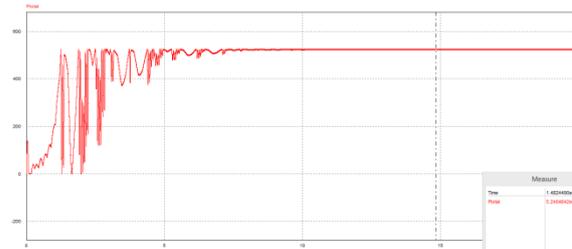
Tabel 1. Intensitas penyinaran panel PV

Mode 1	Intensitas Penyinaran			
PV 1,2,3,4	1000	1000	1000	1000
PV 5,6,7,8	1000	1000	1000	1000
PV 9,10,11,12	1000	1000	1000	1000
Mode				
PV 1,2,3,4	1000	1000	1000	1000
PV 5,6,7,8	1000	1000	1000	1000
PV 9,10,11,12	1000	1000	1000	200
Mode 2				
PV 1,2,3,4	1000	1000	1000	1000
PV 5,6,7,8	1000	1000	1000	200
PV 9,10,11,12	1000	1000	1000	200
Mode 3				
PV 1,2,3,4	1000	1000	1000	1000
PV 5,6,7,8	1000	1000	1000	1000
PV 9,10,11,12	1000	1000	200	200
Mode 4				
PV 1,2,3,4	1000	1000	1000	200
PV 5,6,7,8	1000	1000	200	200
PV 9,10,11,12	1000	200	200	200

Model *partial shading* dilakukan dengan mengatur intensitas penyinaran pada masing-masing panel PV seperti pada Tabel 1. Percobaan dilakukan dengan beberapa mode shading untuk mengetahui kemampuan konverter dalam memperoleh daya maksimum PV.

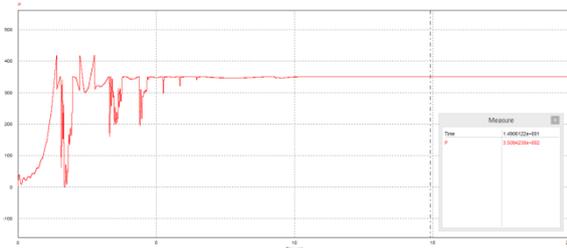


Gambar 11. Kurva daya output *single input converter* mode 1

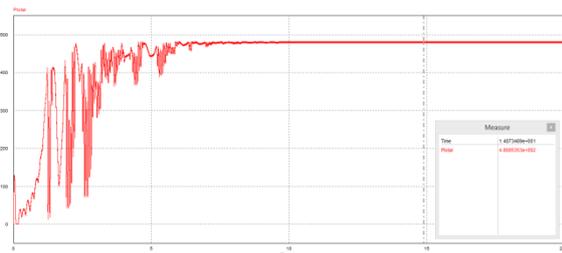


Gambar 12. Kurva daya output *multi input converter* mode 1

Gambar 11 dan 12 menunjukkan kemampuan masing-masing konverter dalam menjejak daya maksimum pada mode 1 kondisi kuat penyinaran 100% dapat diperoleh 523 W.

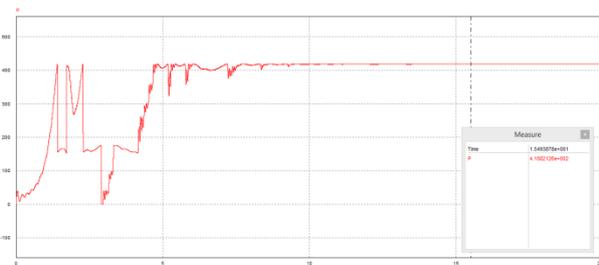


Gambar 13. Kurva daya output *single input converter mode 2*

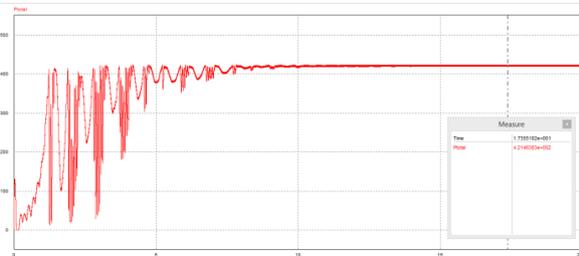


Gambar 14. Kurva daya output *multi input converter mode 2*

Gambar 13 dan 14 menunjukkan daya keluaran konverter pada kondisi tertutup bayangan mode 2. Berdasarkan kurva di atas, sistem SIC hanya mengeluarkan daya 350 W sedangkan MIC mampu mengeluarkan daya 480 W.



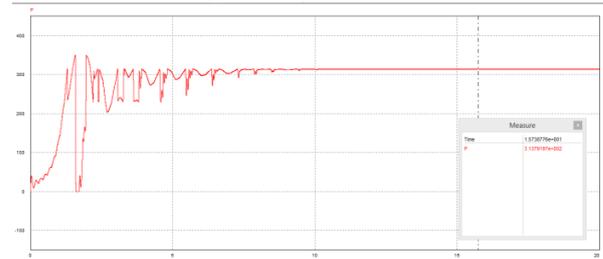
Gambar 15. Kurva daya output *single input converter mode 3*



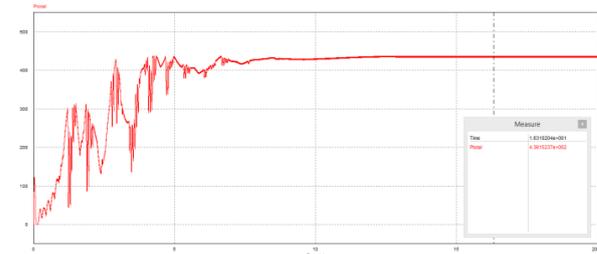
Gambar 16. Kurva daya output *multi input converter mode 3*

Gambar 15 dan 16 menunjukkan daya keluaran konverter pada kondisi tertutup bayangan mode 3. Berdasarkan kurva di atas, sistem SIC

mengeluarkan daya 418 W sedangkan MIC mengeluarkan daya 421 W.

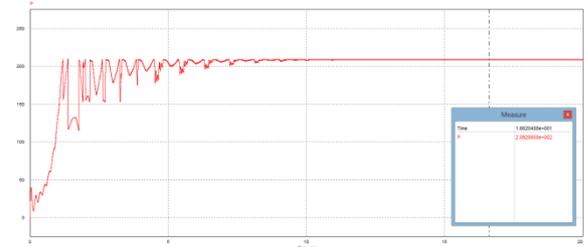


Gambar 17. Kurva daya output *single input converter mode 4*

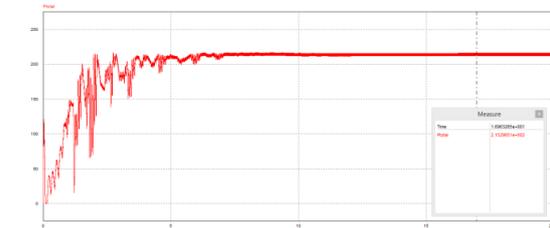


Gambar 18. Kurva daya output *multi input converter mode 4*

Gambar 17 dan 18 menunjukkan daya keluaran konverter pada kondisi tertutup bayangan mode 4. Berdasarkan kurva di atas, sistem SIC mengeluarkan daya 313 W sedangkan MIC mampu mengeluarkan daya 436 W.



Gambar 19. Kurva daya output *single input converter mode 5*



Gambar 20. Kurva daya output *multi input converter mode 5*

Gambar 15 dan 16 menunjukkan daya keluaran konverter pada kondisi tertutup bayangan mode 3. Berdasarkan kurva di atas, sistem SIC mengeluarkan daya 209 W sedangkan MIC mengeluarkan daya 215 W.

Tabel 2. Daya *output* konverter kondisi *partial shading*

	SIC (W)	MIC (W)
Mode 1	523	523
Mode 2	350	480
Mode 3	418	421
Mode 4	313	436
Mode 5	209	215

Dari hasil simulasi, *Multi Input Converter* dengan *MPPT Perturb and Observe (P&O)* mampu memperoleh daya maksimum pada saat terjadi kondisi *partial shading* dan memberikan respon yang baik dalam hal kecepatan dan keakuratan *tracking* dan konvergensi global optimal yang baik. Tabel daya output konverter kondisi *partial shading* menunjukkan perbedaan antara *single input converter* dengan *multi input converter* dalam memperoleh daya output maksimalnya. Keberhasilan memperoleh global optimum sangat dipengaruhi oleh parameter algoritma (*P&O*).

G. Kesimpulan

Makalah ini telah menyajikan *Multi input DC-DC converter* dengan *MPPT Perturb and Observe (P&O)* algoritma untuk proses tracking GMPP pada sistem PV. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat mencapai daya maksimum, ketepatan tracking yang cukup tinggi dan ripple daya yang cukup kecil.

H. Daftar Pustaka

- A. Dolara, G. Cristian, L. Sonia Leva, and G. Manzolini, "Experimental Investigation of Partial Shading Scenarios on PV (photovoltaic) Modules", Elsevier, April 2013.
- Ammirul. M., Mohd. Amran, A. Che and Nasrudin "Development of Adaptive Perturb and Observe-Fuzzy Control Maximum Power Point Tracking For Photovoltaic Boost Dc-Dc Converter," IET Renewable Power Generation, May 2013.
- CV. Nayar, M Ashari, "Phase Power Balancing of a diesel generator using a bidirectional PWM Inverter" IEEE Power Engineering Review 19 (11), 46-46, 1999.
- Chong B.V.P., L. Zhang, "Controller Design for Integrated PV-Converter Modules Under Partial Shading Conditions", Elsevier, January 2013.
- Fellippe S. Garcia, Jose Antenor Pomilio and Giorgio Spiazzi, "Modeling and Control Disign of the Interleaved Double Dual Boost Coverter", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 8, August 2013.
- J. Applebaum, "The Quality of Load Matching in a Direct coupling Photovoltaic System", IEEE Trans. On Energy Conversion, Vol. 2, No.4, pp.534-541, Dec. 1987.
- K. Sundareswaran, S. Peddapati, and S. Palani, "MPPT of PV Systems Under Partial Shaded Conditions Through a Colony of Flashing Fireflies" IEEE Trans. On Energy Conversion, December 2013.
- Raja guk guk, M Ashari, DC Riawan, "Maximum Power Point Tracking control for stand-alone photovoltaic system using fuzzy sliding mode control", Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), Indonesia, 2014.
- R. Syahputra, IRobandi, MAshari, "Reconfiguration of distribution network with DG using fuzzy multi-objective method", Innovation Management and Technology Research (ICIMTR), Malaysia, 2012.
- Setiawan B, M H Purnomo, MAshari, "Artificial Intelligent based Modeling of Mobile Solar Tracker for a Large Ship" International Student Conference on Advanced Science and Technology (ICAST), Kumamoto University, 2009.
- S. J. Chiang, Hsin-Jang Shieh, and Ming-Chieh Chen, "Modeling and Control of PV Charger System With SEPIC Converter", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, No. 11, Nopember 2009.
- Sujanarko, M. Ashari, MHP Purnomo, "Universal Algorithm Control for Asymmetric Cascaded Multilevel Inverter", International Journal of Computer Applications (0975-8887) 8 (15), 2010.
- V.salas, E.Olyas, A. Barrado, A .Lazaro, " Review of The Maximum Power Point Tracking Algorithms for Stand-Alone Photovoltaic Systems", Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 90, pp. 1555-1578, 2006.
- Y. Ch. Liu and Y. M. Chen, "A systematic approach to synthesizing multiinput DC-DC converters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 24, no. 1, pp. 116-127, Jan. 2009.
- Y.M. Safarudin, A. Priyadi, M.H. Purnomo, M. Pujiantara, "Maximum Power Point Tracking Algorithm for Photovoltaic System Under Partial Shaded Condition by Means Updating β Firefly Technique", 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), October. 2014.