

Maximum Power Point Tracking dengan Metode Modified Human Psychology Optimization pada Kondisi Partial Shading

MOH. ZAENAL EFENDI, LUCKY PRADIGTA SETIYA RAHARJA, MOCHAMMAD RODY DWIRANTONO, FEBY CHANDRA ARSANDI, NABILA LUTFIAH

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia
Email : lucky@pens.ac.id

Received 15 Agustus 2022 | *Revised* 22 September 2022 | *Accepted* 3 Oktober 2022

ABSTRAK

Panel surya memiliki kemungkinan tertutup saat menerima sinar matahari sehingga terjadi kondisi partial shading yang berpengaruh pada daya panel surya. Kita dapat memaksimalkan daya keluaran panel surya dengan Metode Maximum Power Point Tracking (MPPT). MPPT konvensional memiliki kemungkinan terjebak pada kondisi Local Peak (LP) sehingga daya yang dihasilkan tidak maksimal. Untuk mengatasi hal itu digunakan metode Modified Human Psychology Optimization (MHPO) pada kondisi partial shading sehingga MPPT dapat mencapai Global Peak (GP). Metode MHPO diterapkan pada Flyback Converter untuk melihat performansinya. Metode MHPO memiliki akurasi rata-rata di atas 98,75% dan waktu tracking yaitu 0,29 detik. Metode MHPO dapat mencapai kenaikan daya maksimum mencapai 45,57% dibandingkan dengan metode Human Psychology Optimization (HPO). Dengan metode MHPO dapat meningkatkan hasil keluaran daya panel surya pada kondisi partial shading.

Kata kunci : Panel Surya; Partial Shading; MPPT; MHPO; Flyback Converter.

ABSTRACT

Solar panels have the possibility of being closed when receiving sunlight so that partial shading conditions occur which affect the power of the solar panels. We can maximize the output power of solar panels with the Maximum Power Point Tracking (MPPT) Method. Conventional MPPT has the possibility of being trapped in the Local Peak (LP) condition so that the power generated is not optimal. To overcome this problem, the Modified Human Psychology Optimization (MHPO) method is used in partial shading conditions so that MPPT can reach Global Peak (GP). The MHPO method is applied to the Flyback Converter to see its performance. The MHPO method has an average accuracy of over 98.75% and a tracking time of 0.29 seconds. The MHPO method can achieve a maximum power increase of 45.57% compared to the Human Psychology Optimization (HPO) method. The MHPO method can increase the output power of solar panels in partial shading conditions.

Keywords: Solar Panels; Partial Shading; MPPT; MHPO; Flyback Converter.

1. PENDAHULUAN

Secara letak geografis, Indonesia merupakan negara yang sangat potensial dalam memanfaatkan energi surya. Energi surya dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik. Indonesia berpotensi mendapatkan energi matahari hampir 8 jam setiap harinya, sehingga dapat mengurangi ketergantungan penggunaan energi fosil sebagai bahan baku **(Rony, dkk, 2022)**.

Energi surya dapat dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan alat bantu berupa panel surya **(Anoue, dkk, 2016)**. Banyak penelitian yang membahas mengenai penggunaan dan pemanfaatan panel surya. Panel surya memiliki banyak keuntungan yakni tidak membutuhkan bahan bakar, tidak menimbulkan polusi, mudah dalam perawatan, dan tidak menimbulkan suara dibandingkan seperti energi terbarukan lainnya. Oleh karena itu, sistem konversi energi surya menjadi energi listrik tumbuh secara pesat di berbagai negara. Panel surya dapat memperoleh daya maksimum pada siang hari saat kondisi cuaca cerah, suhu optimum, dan intensitas cahaya matahari yang cukup pada permukaan panel surya. Besar kemungkinan juga permukaan panel surya akan tertutup oleh suatu penghalang.

Dalam aplikasi panel surya pada saat menerima cahaya matahari terdapat potensi terhalang oleh benda seperti pohon dan bangunan sehingga energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya tidak bisa maksimal. Selain itu masalah cuaca yang tidak tentu mengakibatkan panel surya tidak tersinari sepenuhnya. Penghalang iradiasi pada panel surya ini sering disebut dengan *shading* **(Dirmawan, dkk, 2020)(Haji & Genc, 2018)(Ishikawa, dkk, 2014)(Murdianto, dkk, 2017)**. Pada saat terjadi *partial shading* kurva karakteristik daya terhadap tegangan (P-V) yang tertutup akan memiliki dua atau lebih puncak daya maksimum yang dinamakan *Global Maximum Power Point* (GMPP) dan *Local Maximum Power Point* (LMPP) **(Furtado, dkk, 2017)**. LMPP adalah titik daya puncak bayangan atau puncak daya semu sedangkan *GMPP* adalah titik daya puncak sebenarnya atau daya maksimal yang dapat diperoleh. Pada *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) konvensional besar kemungkinan akan terjebak pada *Local Peak* (LP) dan tidak dapat mencapai *Global Peak* (GP) sehingga daya yang dihasilkan tidak maksimal.

Masalah umum yang sering terjadi adalah terhalangnya panel surya dari cahaya matahari karena tertutup suatu bayangan benda atau bangunan terutama di lingkungan pada perkantoran atau gedung di perkotaan, namun permasalahan ini jarang untuk dibahas. Kondisi tersebut menyebabkan sinar matahari terhalang pada posisi yang berubah-ubah sesuai dengan bayangan gedung di sekitarnya, sehingga pola *shading* pada panel surya daerah tersebut mengalami perubahan di setiap perpindahan matahari. Hal ini dapat mengubah nilai daya yang dihasilkan dan biasanya posisi *Global Peak* (GP) yang tidak dapat dikonfigurasi karena terkonsentrasi pada GP sebelumnya **(Huynh, dkk, 2013)(Liu, dkk, 2012)**. Dengan adanya gangguan *shading* pada permukaan panel surya dalam jangka waktu yang cukup lama tentunya akan menyebabkan daya yang diperoleh tidak akan maksimal sehingga daya yang dihasilkan akan semakin turun tentunya menjadikan panel surya tidak dapat memberikan energi listrik yang maksimal.

Permasalahan untuk mendapatkan daya maksimum dari panel surya akibat perubahan pola *shading* dapat diatasi dengan menggunakan sebuah sistem yang mampu mendeteksi posisi daya maksimum sehingga panel surya mampu menghasilkan daya maksimum walaupun terhalang oleh benda asing. Berdasarkan permasalahan yang ada maka penelitian ini mengajukan sebuah sistem penjejak titik daya maksimum MPPT dengan metode algoritma *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO). Metode *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO) diajukan dengan adanya modifikasi pada metode HPO yang

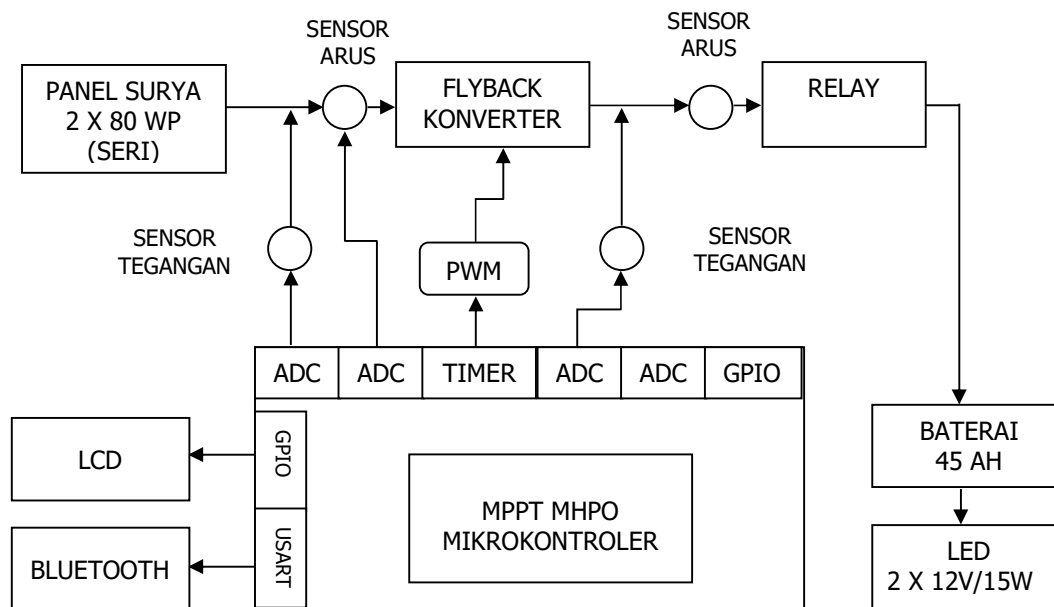
sebelumnya pernah dilakukan (Fitriyah, dkk, 2020)(Kumar, dkk, 2017). Algoritma ini diajukan untuk mengatasi *Dynamic Partial Shading* pada panel surya sehingga MPPT dapat mencapai *Global Peak* (GP) tanpa terjebak dalam *Local Peak* (LP), serta metode MHPO diterapkan pada *Flyback Converter* (Gatto, dkk, 2016)(Johny & Shafeeque, 2014) (Kumar, dkk, 2019)(Patil, dkk, 2017)(Singh, dkk, 2020). Sistem yang dibangun dengan *MPPT Flyback Converter* menggunakan metode *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO) diharapkan dapat menghasilkan daya maksimum pada *Global Peak* (GP) dengan pola *shading* yang berbeda, sehingga daya yang dihasilkan panel surya dapat mencapai nilai maksimal.

Pada penelitian ini menggunakan metode *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO) untuk memaksimalkan sebaran *duty cycle* yang digunakan pada *converter* dalam kondisi *Dynamic Partial Shading* pada solar panel. Dengan metode ini akan mencapai *Global Peak* (GP) tanpa terjebak dalam *Local Peak* (LP), lain halnya metode konvensional dapat menyebabkan sebaran *duty cycle* terjebak dalam *Local Peak* (LP).

Dengan menerapkan metode *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO), daya yang dikeluarkan oleh panel surya bisa maksimal meskipun cahaya matahari terhalang atau kondisi *partial shading* yang bisa disebabkan karena tertutup suatu bayangan benda atau bangunan terutama di lingkungan pada perkantoran atau gedung di perkotaan.

2. METODE

Blok diagram sistem MPPT *Flyback Converter* menggunakan metode *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO) pada kondisi *Partial Shading* ditunjukkan pada Gambar 1.



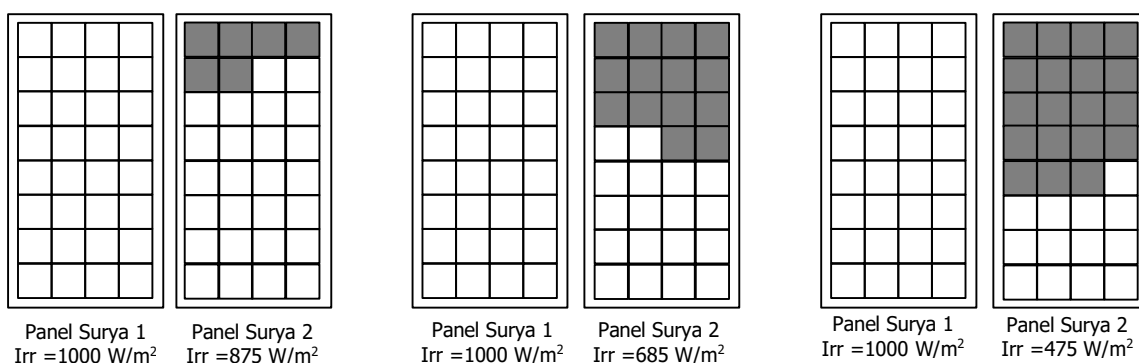
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem optimasi daya panel surya dengan menggunakan metode *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO) dengan *Flyback Converter*. Penelitian ini menggunakan 2 modul panel surya yang disusun seri dengan kapasitas setiap panel surya adalah 80 WP. Sehingga secara akumulasi daya maksimal yang dapat dihasilkan panel surya pada kondisi ideal yakni 160 WP. MPPT diharapkan dapat

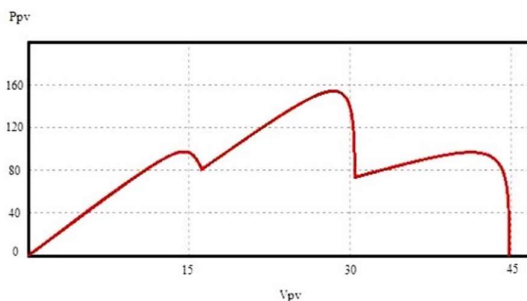
memaksimalkan daya keluaran dari panel surya. Dalam aplikasinya, keluaran dari panel surya dihubungkan pada *Flyback Converter* yang digunakan untuk mengisi baterai 12 Volt 45 Ah. Baterai tersebut akan digunakan sebagai sumber 2 lampu dengan spesifikasi setiap lampu 12 Volt 15 Watt. Dalam proses pengolahan MPPT menggunakan mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor arus dan sensor tegangan.

2.1. Bentuk *Partial Shading* Panel Surya

Gambar 2 merupakan ilustrasi modul panel surya yang terkena bayangan (*partial shading*) sebagian sehingga arus akan cenderung melewati *bypass diode*. Arus mengalir melalui *bypass diode* dikarenakan *reverse bias diode* internal dari modul panel surya memiliki resistansi yang sangat besar. Dengan demikian tegangan modul yang terkena bayangan tidak akan terbaca, yang menyebabkan tegangan pada string akan berkurang. Gambar 3 menunjukkan hasil bentuk pola kurva karakteristik P-V dengan *Software Power Simulator* (PSIM) ketika terjadi *partial shading* yang berbeda-beda.



Gambar 2. Ilustrasi Panel Surya dengan Pola *Partial Shading*

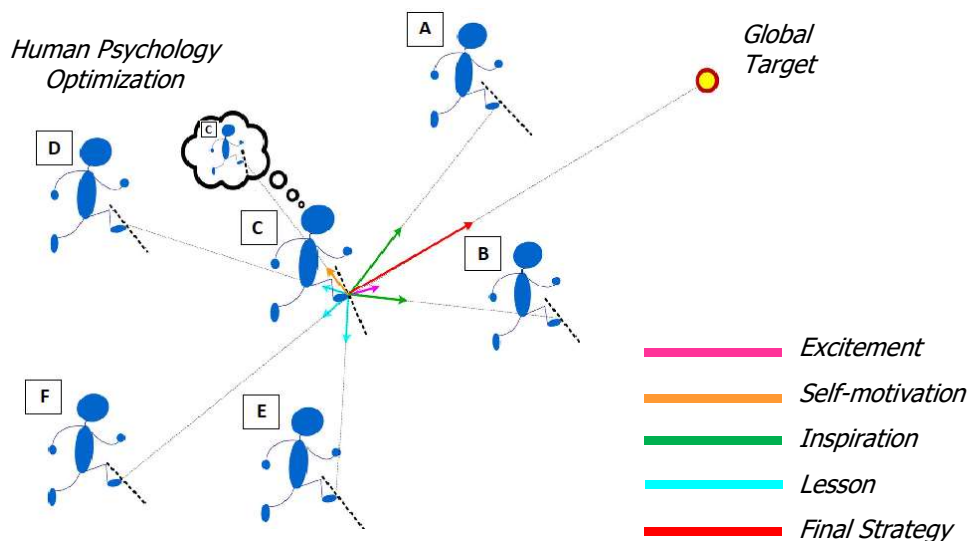


Gambar 3. Kurva Karakteristik P-V dengan *Software Power Simulator* (PSIM) ketika Terjadi *Partial Shading*

2.2. Modified Human Psychology Optimization (MHPO)

Modified Human Psychology Optimization (MHPO) merupakan sebuah pengembangan dari metode *Human Psychology Optimization* (HPO) dengan tidak merubah aturan pada metode HPO, metode tersebut membantu proses pencapaian daya maksimum menjadi lebih optimal dengan penyesuaian algoritma. Algoritma MHPO ini dapat bekerja secara dinamis dengan modifikasi penambahan penyebaran *duty cycle* yang diharapkan dapat mendapatkan *duty cycle* yang akurat sehingga menghasilkan daya yang optimal. Toleransi setiap *duty cycle* sebesar 1,5% untuk mencapai konvergensi agar dapat bekerja secara cepat ketika melakukan *tracking* dan penambahan iterasi agar dapat mencari titik puncak baru ketika terjadi perubahan pola *partial shading* secara tiba-tiba.

Algoritma HPO (Kumar, dkk, 2017) didasarkan pada kondisi psikologis orang yang ambisius terlihat pada Gambar 4. Orang yang ambisius dapat mengatasi masalah dalam kondisi apapun baik kondisi baik atau buruk karena memiliki pikiran yang selalu positif (*positive thinking*). Sumber pemikiran positif ini didasarkan pada empat faktor yaitu kesenangan, motivasi diri, inspirasi dan pelajaran.

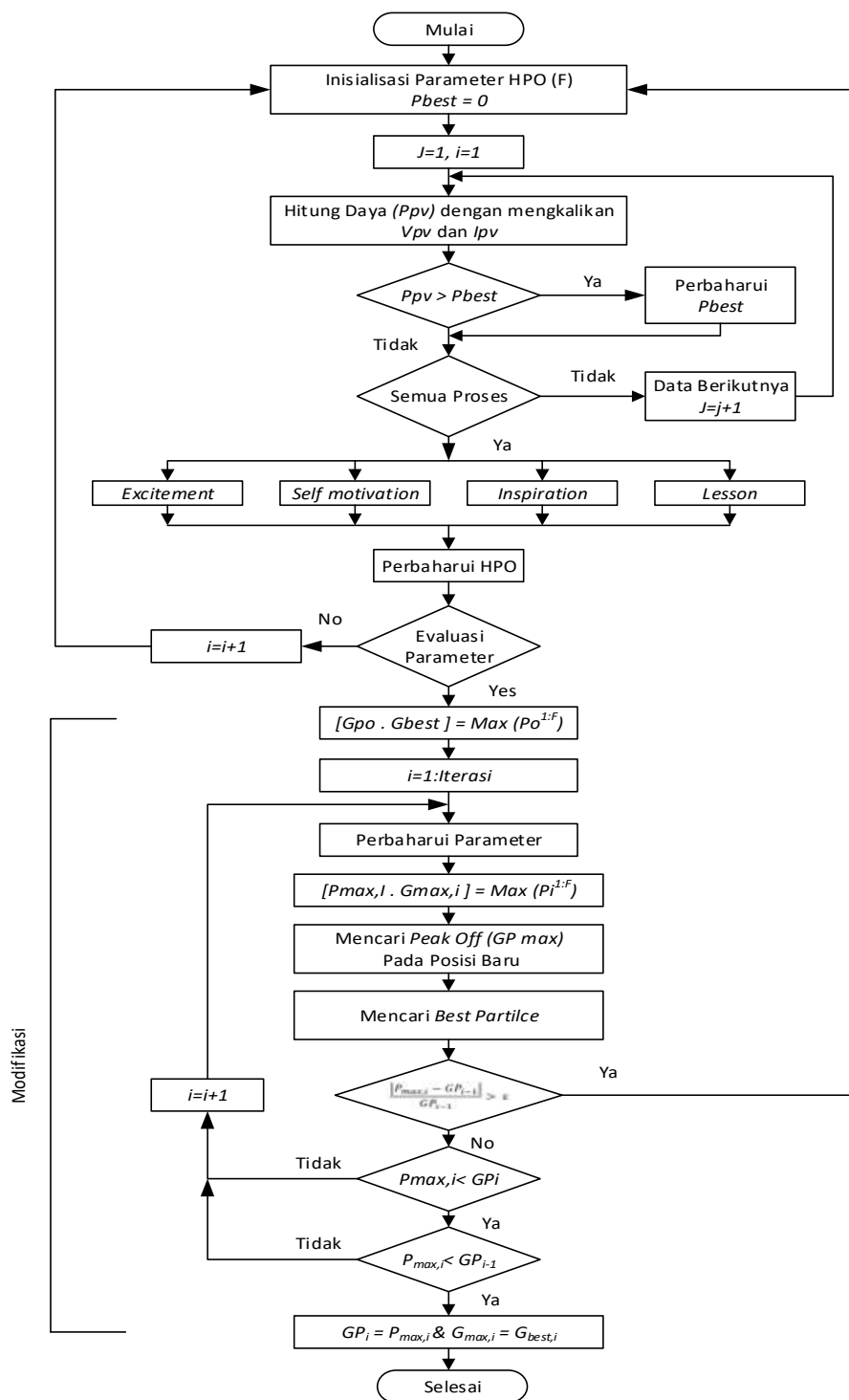


Gambar 4. Representasi HPO Mencapai Target (Kumar, dkk, 2017)

Dynamic partial shading adalah permasalahan yang sering terjadi ketika di lapangan. Pada metode HPO yang telah diteliti sebelumnya tidak membahas tentang *under dynamic partial shading* (partial shading yang dinamis), tetapi hanya membahas permasalahan pada kondisi partial shading tetap. Maka dari itu diperlukan metode yang dapat bekerja secara adaptif sehingga dapat bekerja pada kondisi apapun.

Langkah implementasi dari metode MPPT MHPO dilakukan dalam 6 langkah. Langkah 1 adalah Seleksi Parameter. Pada sistem ini, posisi agen didefinisikan sebagai nilai *duty cycle* dari *Flyback Converter* dan nilai *fitness* didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan oleh PV. *Duty cycle* di inialisasi pada nilai tertentu. Langkah 2 adalah Evaluasi *Fitness*. Pada tahap ini, beberapa agen dievaluasi menggunakan fungsi *fitness* berupa besar daya yang dihasilkan dengan mengalikan nilai tegangan dan arus yang dibaca oleh sensor dari setiap *duty cycle* yang digunakan untuk *driver* PWM pada *Flyback Converter*. Langkah 3 adalah *Update* Pencapaian Individu. Hingga iterasi saat ini, daya maksimum yang didapat adalah pencapaian dari setiap agen pencarian yang diputuskan dengan membandingkan semua nilai hasil sekarang dengan hasil yang lalu. Selanjutnya setiap agen akan diperingkat berdasarkan pangkat tertinggi. Jika nilai daya untuk *duty cycle* ke j pada iterasi ke i lebih baik dari daya terbaik, maka ditetapkan nilai *duty cycle* sekarang sebagai D_{best} yang baru dan daya yang dihasilkan sekarang sebagai P_{best} yang baru. Langkah 4 adalah Faktor *Human Psychology Optimization* (*Update* nilai *duty cycle*). Dalam algoritma HPO, faktor kesenangan memicu pada tahap awal ke arah yang benar. Faktor motivasi diri meningkatkan kemampuan eksploitasi lokal. Faktor inspirasi meningkatkan kemampuan eksplorasi global dan faktor pelajaran menghilangkan stagnasi pada masalah LMPP sehingga HPO menyatu dengan sangat cepat dalam mencapai MPP. Setelah semua *duty cycle* dievaluasi, kecepatan dan posisi *duty cycle* pada kawanan agen harus dilakukan *update*. Langkah 5 adalah Situasi Konvergensi. Keadaan konvergensi tercapai jika nilai iterasi sudah mencapai jumlah iterasi maksimum dan nilai *duty cycle* memiliki nilai yang hampir sama. Langkah 6 adalah menentukan

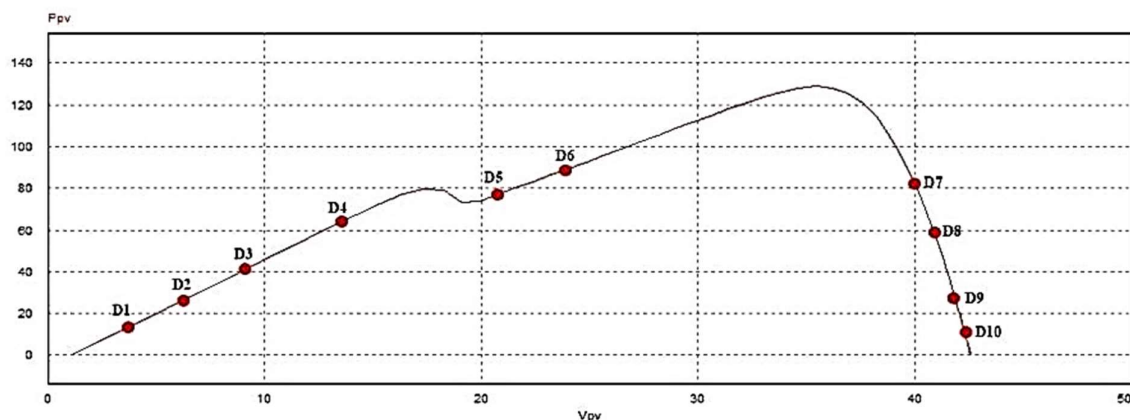
puncak terbaik pada puncak baru. Setelah mendapatkan nilai P_{best} dalam iterasi pertama kemudian dikelola kembali, maka jika ada perubahan signifikan dalam daya yang dihasilkan sesuai dengan perubahan posisi GP dilanjutkan ke langkah 1 dan jika tidak, maka ke langkah selanjutnya. Langkah-langkah tersebut dapat diamati melalui *flowchart* algoritma MHPO yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Algoritma MHPO

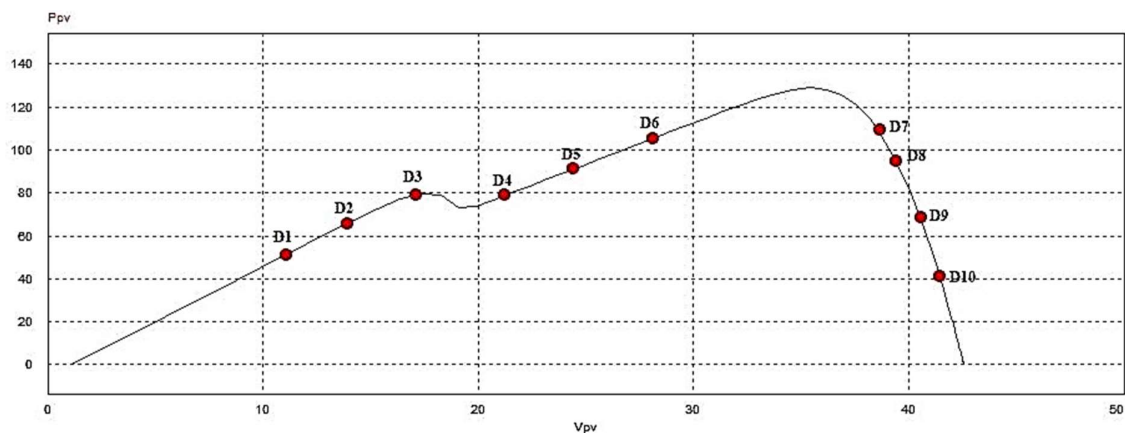
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi sistem MPPT dengan metode MHPO dalam proses *tracking* dan update posisi *duty cycle* sampai mencapai titik konvergen dideskripsikan dalam beberapa langkah. Langkah awal yaitu menyebar 10 *duty cycle* random seperti langkah 1. Pada Gambar 6 merupakan hasil *Software Power Simulator* (PSIM), terlihat bahwa setiap *duty cycle* menghasilkan daya output. Tiap daya akan diseleksi, sehingga diperoleh nilai daya paling optimum.



Gambar 6. Hasil Simulasi *Software Power Simulator* (PSIM) Sebaran 10 *Duty Cycle* Algoritma MHPO

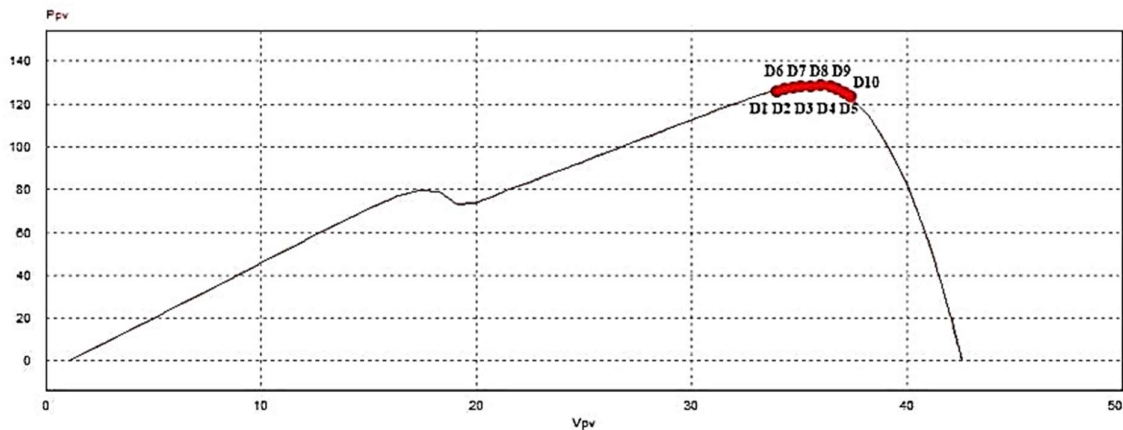
Tahap selanjutnya yaitu proses update nilai *duty cycle*. Gambar 7 merupakan hasil update nilai *duty cycle* dengan *Software Power Simulator* (PSIM) untuk masing-masing daya yang diperoleh setiap *duty cycle*. Selanjutnya, *duty cycle* akan di update lagi sampai mencapai titik konvergen. Titik konvergen merupakan titik dimana semua *duty cycle* berada pada satu titik yang sama dengan nilai daya optimum. Proses ini berlanjut sampai 10 kali update *duty cycle* (jumlah iterasi).



Gambar 7. Hasil Simulasi *Software Power Simulator* (PSIM) Update *Duty Cycle*

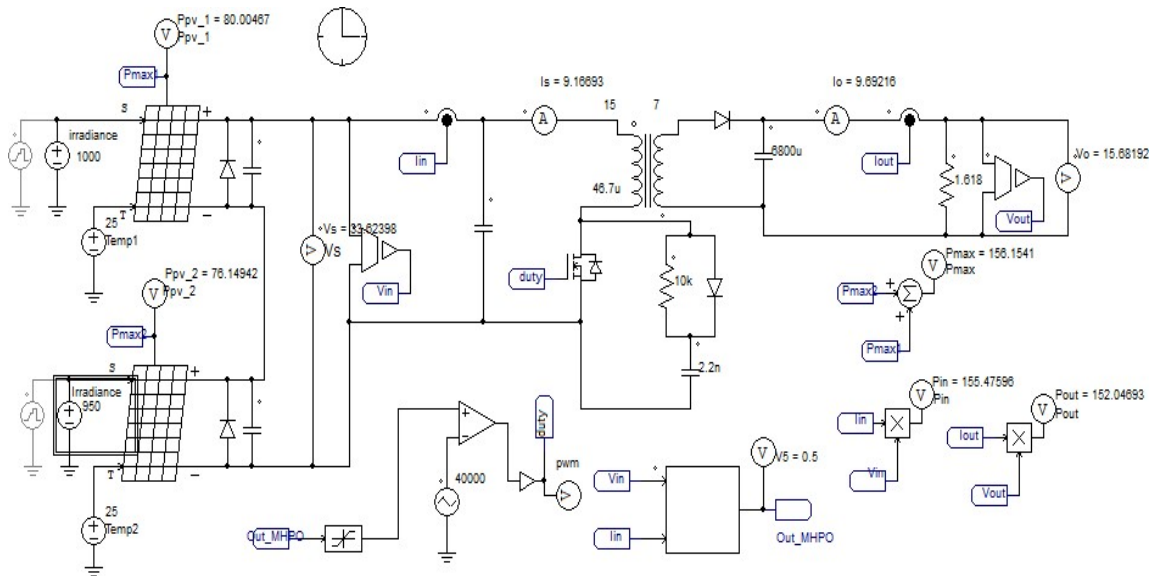
Setelah mencapai 10 kali *update* maka daya yang dihasilkan seperti pada Gambar 8. Dari Gambar 8 hasil *Software Power Simulator* (PSIM) dapat dilihat bahwa *duty cycle* dapat mencapai titik konvergen pada kurva karakteristik P-V dan akan mengalami *update* lagi ketika membaca ada perubahan irradiasi dan perubahan *shading* secara tiba-tiba. Perubahan

irradiasi terjadi ada perubahan daya sebesar 10% dari daya sebelumnya, *duty cycle* akan di inialisasi ulang untuk mencari GP dan puncak daya yang baru lagi.



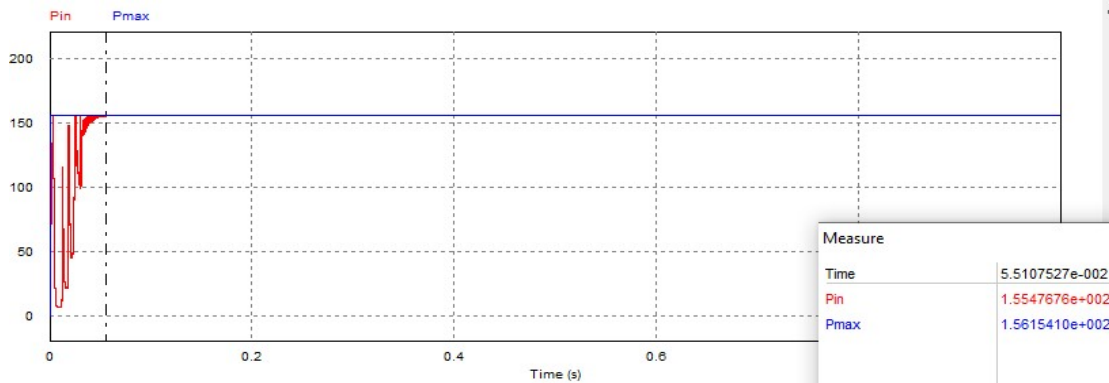
Gambar 8. Hasil Simulasi *Software Power Simulator (PSIM)* Titik Konvergen

Proses *tracking* untuk mencapai titik daya maksimum (MPPT) dilakukan dengan *tunning* parameter MHPO sehingga dapat bekerja dengan baik. Algoritma ini dipengaruhi empat faktor yaitu kesenangan (*excitement*), motivasi diri (*self-motivation*), inspirasi (*inspiration*) dan pelajaran (*lesson*). Pada penelitian ini dilakukan simulasi MPPT MHPO dengan menggunakan *Software Power Simulator (PSIM)* seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian *Power Simulator (PSIM)* Simulasi MPPT MHPO

Simulasi ini dibuat dengan menggunakan *Software Power Simulator (PSIM)* dimana algoritma dimasukkan ke *C_block*. Pada sistem ini, sebaran *duty cycle* menggunakan 5 *duty cycle* yang diupdate sebanyak 10 kali. Dari hasil simulasi diperoleh bentuk gelombang seperti Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Simulasi MPPT MHPO (PV 1=1000W/m2 dan PV 2=950W/m2)

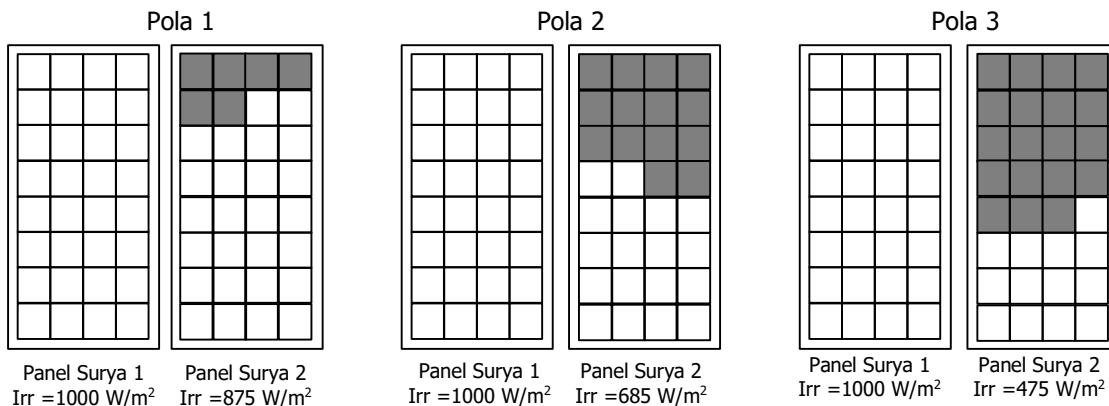
Gambar 10 menunjukkan bahwa daya *output* PV sebesar 155,47 W sedangkan nilai P_{max} sebesar 156,15 W dengan waktu *tracking* sebesar 0,294 detik. Dari hasil tersebut, algoritma MHPO dapat mencapai GMPP (daya sebenarnya) sehingga algoritma MHPO berhasil diimplementasikan untuk *control* MPPT. Untuk mencari prosentase akurasi MPPT dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\% \text{ Akurasi} = \frac{\text{Daya Maksimum MPPT}}{\text{Daya Maksimum } R_{geser}} * 100 \% \quad (1)$$

Sedangkan untuk mengetahui prosentase kenaikan daya saat menggunakan MPPT dan tanpa MPPT maka dapat dihitung dengan Persamaan (2).

$$\% \text{ Kenaikan Daya} = \frac{\text{Daya MPPT} - \text{Daya Tanpa MPPT}}{\text{Daya MPPT}} * 100 \% \quad (2)$$

Pengujian MPPT ini dilakukan pada kondisi *partial shading*. *Partial shading* merupakan kondisi tertutupnya sebagian permukaan panel surya oleh bayangan. Akibat pengaruh *partial shading* yang mengenai sebagian area panel surya akan mengurangi daya keluaran panel surya. Pengujian ini dilakukan secara simulasi terdiri dari dua panel surya yang sebagian permukaannya dikondisikan dengan luas yang berbeda. Kondisi ini dapat menyebabkan munculnya beberapa puncak daya pada kurva karakteristik P-V yaitu LMPP dan GMPP. Pada pengujian sistem ini terdapat beberapa pola *partial shading* pada panel surya seperti yang pada Gambar 11.



Gambar 11. Pola *Partial Shading*

Gambar 11 merupakan beberapa pola *partial shading* yang nantinya diperoleh nilai daya maksimum yang berbeda antar pola. Untuk pengujian menggunakan 2 buah panel surya dengan masing-masing kapasitas 80 WP yang disusun secara seri. Untuk 1 panel surya tanpa terkena *partial shading* dengan Iradiasi 1000 W/m², sedangkan untuk 1 panel surya terkena *partial shading* dengan kondisi Iradiasi yang berbeda setiap polanya. Pola 1 dengan panel surya Iradiasi 1000 W/m² dan 875 W/m². Pola 2 dengan panel surya Iradiasi 1000 W/m² dan 685 W/m². Sedangkan Pola 3 dengan panel surya Iradiasi 1000 W/m² dan 475 W/m².

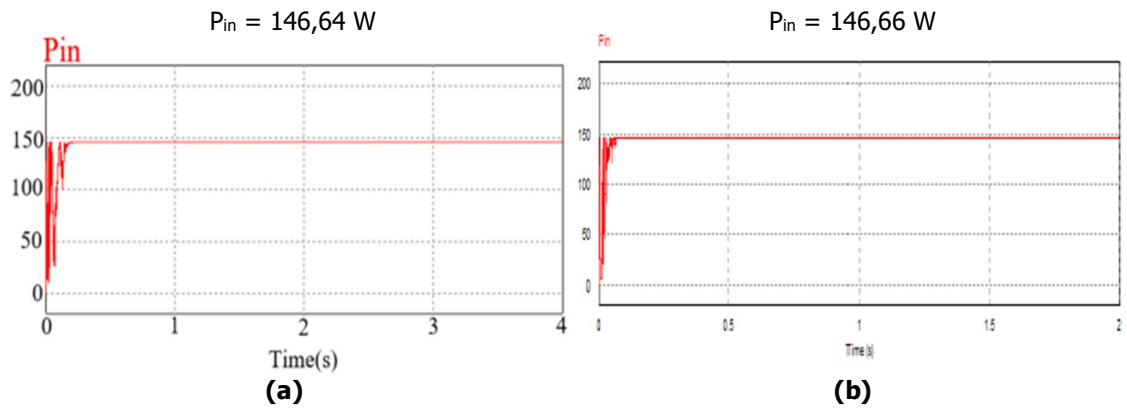
Pada sistem ini, metode MHPO akan di bandingkan dengan HPO untuk mengetahui keakurasian dan waktu *tracking* yang lebih baik. Tabel 1 merupakan hasil pengujian metode MHPO dan HPO pada kondisi *partial shading*.

Tabel 1. Hasil Pengujian pada MPPT pada Kondisi *Partial Shading*

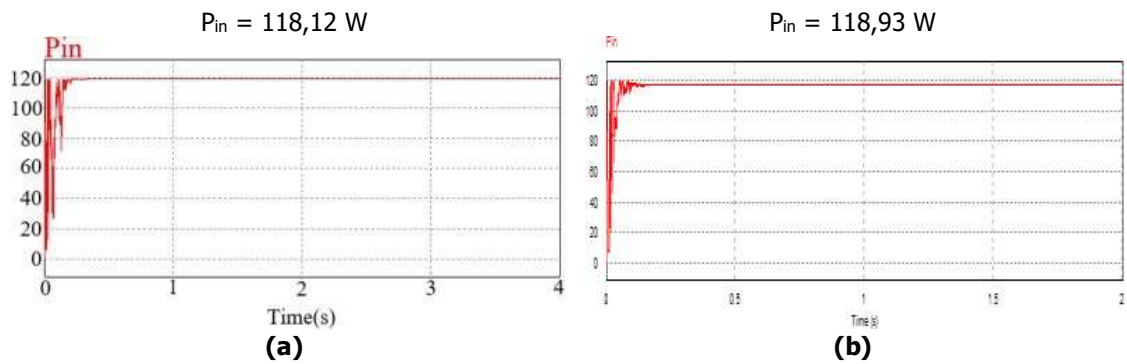
| Pola | Metode | V_{in} (V) | I_{in} (A) | P_{in} (W) | V_o (V) | I_o (A) |
|-------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | HPO | 34,09 | 4,30 | 146,64 | 14,47 | 10,05 |
| | MHPO | 33,92 | 4,33 | 146,66 | 14,49 | 10,06 |
| | Tanpa MPPT | 35,26 | 4,09 | 144,38 | 14,37 | 9,98 |
| 2 | HPO | 35,11 | 3,36 | 118,12 | 13,03 | 9,05 |
| | MHPO | 34,57 | 3,43 | 118,93 | 13,7 | 8,47 |
| | Tanpa MPPT | 30,11 | 3,52 | 106,25 | 12,31 | 8,55 |
| 3 | HPO | 16,52 | 4,86 | 79,97 | 10,71 | 7,43 |
| | MHPO | 38,25 | 2,29 | 84,04 | 11,53 | 7,12 |
| | Tanpa MPPT | 19,92 | 2,30 | 46,10 | 8,13 | 5,64 |

Tabel 1 menunjukkan bahwa P_{in} merupakan daya MPPT yang telah dihasilkan, pada kondisi *shading* pada salah satu PV dengan rentang iradiasi 475 W/m² sampai 875 W/m² menghasilkan daya maksimum 84,04 W sampai 146,66 W. Pada sistem ini terdiri dari dua buah panel surya yang diseri dan satu panel surya ditutupi sebagian seperti pola *shading* yang telah ditentukan. Kondisi ini menyebabkan panel surya memiliki dua puncak daya yaitu LMPP dan GMPP sehingga dibutuhkan metode untuk mencapai GMPP tanpa terjebak pada LMPP. Metode konvensional tidak dapat membedakan LMPP dan GMPP karena proses pencarian daya dengan cara mendaki satu persatu sehingga memungkinkan terjebak pada LMPP. Dari data simulasi diperoleh data bahwa semakin turun iradiasi maka daya yang dihasilkan semakin turun karena iradiasi berpengaruh terhadap penurunan arus.

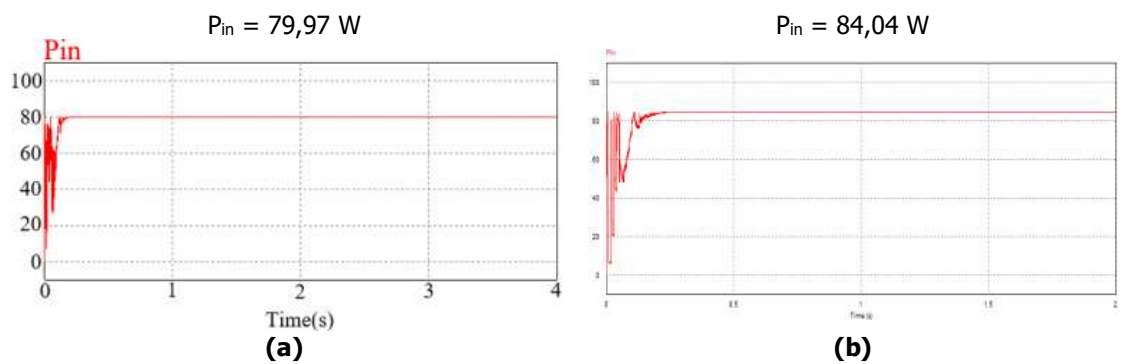
Tujuan dari penggunaan MPPT adalah untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya dengan kondisi apapun. Banyak metode yang digunakan dalam MPPT untuk mendapatkan akurasi dan waktu *tracking* yang lebih baik dari metode sebelumnya. Sistem ini menggunakan MHPO yang nantinya dibandingkan dengan HPO. Untuk waktu *tracking* dapat dilihat pada grafik saat *tracking* daya sudah konstan seperti pada Gambar 12,13 dan 14 yang merupakan hasil simulasi dengan menggunakan *Software Power Simulator* (PSIM). Pada Gambar 12 merupakan hasil simulasi daya dari pola 1 *partial shading* dengan hasil gelombang daya untuk metode HPO sebesar 146,64 W ditunjukkan pada Gambar 12 (a) dan metode MHPO sebesar 146,66 W ditunjukkan pada Gambar 12 (b). Pada Gambar 13 untuk metode HPO sebesar 118,12 W ditunjukkan pada Gambar 13 (a) dan metode MHPO sebesar 118,93 W ditunjukkan pada Gambar 13 (b). Pada Gambar 14 untuk metode HPO sebesar 79,97 W ditunjukkan pada Gambar 14 (a) dan metode MHPO sebesar 84,04 W ditunjukkan pada Gambar 14 (b).



Gambar 12. Hasil Simulasi Iradiasi Pola 1 *Partial Shading* (a) HPO (b) MHPO



Gambar 13. Hasil Simulasi Iradiasi Pola 2 *Partial Shading* (a) HPO (b) MHPO



Gambar 14. Hasil Simulasi Iradiasi Pola 3 *Partial Shading* (a) HPO (b) MHPO

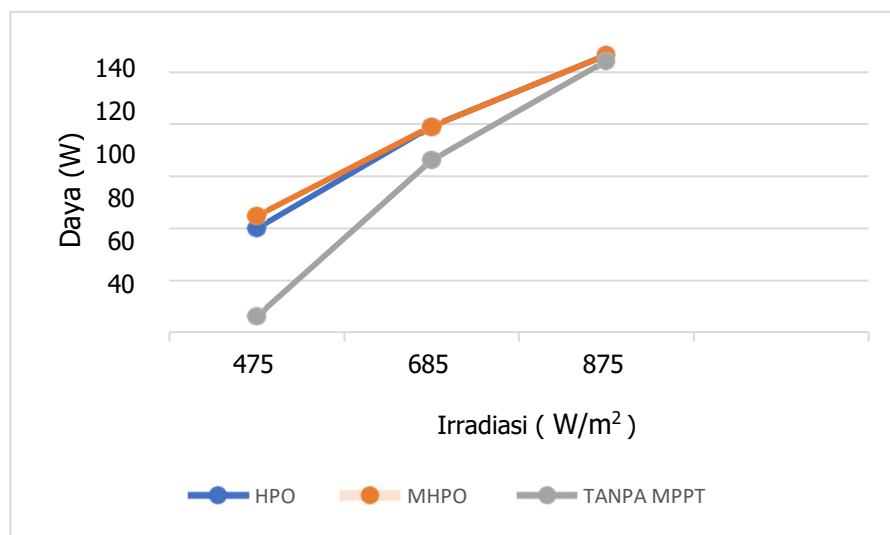
Dari Gambar 12, 13 dan 14 dapat dilihat bahwa metode MHPO dan HPO memiliki daya keluaran dan kecepatan waktu *tracking* yang berbeda-beda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Waktu Tracking pada Pola Partial Shading

| Pola | P_{max} Dari Variable Resistor (W) | Metode | P_{in} (W) | Acc (%) | Waktu tracking (detik) | Kenaikan Daya (%) |
|------|---|--------|--------------|---------|------------------------------|----------------------|
| 1 | 146,67 | HPO | 146,64 | 99,97 | 0,356 | 1,54% |
| | | MHPO | 146,66 | 99,99 | 0,364 | 1,55% |
| 2 | 119,13 | HPO | 118,12 | 99,15 | 0,272 | 10,80% |
| | | MHPO | 118,93 | 99,83 | 0,297 | 10,82% |
| 3 | 84,71 | HPO | 79,97 | 94,33 | 0,279 | 42,35% |
| | | MHPO | 84,04 | 99,21 | 0,355 | 45,57% |

Data Tabel 2 menunjukkan bahwa P_{MPPT} merupakan daya MPPT yang dihasilkan dan P_{max} adalah daya maksimal yang bisa dihasilkan panel surya, segi kecepatan waktu *tracking* mencapai daya maksimum, MPPT HPO memiliki waktu *tracking* lebih cepat daripada metode MHPO disetiap perubahan iradiasi, tidak terlalu jauh waktu untuk *tracking* selisih 0,02-0,09s.

Dalam hal optimasi daya, metode MHPO dan HPO dapat meningkatkan daya dibandingkan dengan tanpa menggunakan MPPT. Untuk akurasi metode MHPO mampu bekerja dengan baik dengan rata rata 99,7% dan untuk kenaikan daya rata rata sebesar 19,31%. Secara keseluruhan, metode HPO dapat melacak GMPP lebih lebih cepat daripada metode MHPO, tetapi metode MHPO dapat meningkatkan daya lebih baik daripada metode HPO.



Gambar 15. Kurva Kenaikan Daya MPPT MHPO, HPO dan Tanpa MPPT

Pada Gambar 15 merupakan kurva kenaikan daya dari MPPT MHPO, HPO dan tanpa MPPT. Pengujian kenaikan daya tersebut dilakukan pada 3 pola *partial shading* yang berbeda dengan kondisi iradiasi 475 W/m^2 , 685 W/m^2 dan 875 W/m^2 . Pada kurva Gambar 15 ditunjukkan bahwa kenaikan daya pada MPPT MHPO lebih baik dibandingkan dengan MPPT HPO dan tanpa MPPT. Pada pengujian ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan MHPO dan HPO tidak terjebak pada LMPP dan dapat mencapai GMPP untuk LMPP dari setiap pola pada *partial shading* dapat dilihat dalam bentuk kurva Gambar 15.

4. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan adalah metode *Maximum Power Point Traking* (MPPT) dengan metode *Modified Human Psychology Optimization* (MHPO) pada kondisi *partial shading* yang diterapkan pada *Flyback Converter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Modified Human Psychology Optimisation* (MHPO) dapat melakukan *tracking* daya maksimum di setiap kondisi *partial shading* dengan rentang iradiasi yang berubah. Dari hasil perbandingan metode HPO dan MHPO untuk 3 pola *partial shading* yang digunakan sebagai pengujian, dapat diketahui bahwa sistem memiliki akurasi rata-rata di atas 98,75 % dan waktu *tracking* yang yaitu 0,29 detik. Metode MHPO ini pula dapat mencapai kenaikan daya rata-rata sebesar 19,31 % dan kenaikan daya maksimum mencapai 45,57 % pada kondisi *partial shading*.

DAFTAR RUJUKAN

- Anoune, K., Bouya, M., Ghazouani, M., Astito, A., & Abdellah, A. Ben. (2016). Hybrid Renewable Energy System to Maximize the Electrical Power Production. *International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, (pp. 533–539).
- Dirmawan, M. A., Suhariningsih, & Rakhmawati, R. (2020). The Comparison Performance of MPPT Perturb and Observe, Fuzzy Logic Controller, and Flower Pollination Algorithm in Normal and Partial Shading Condition. *International Electronics Symposium (IES)*, (pp. 7–13).
- Fitriyah, F., Efendi, M. Z., & Dwi Murdianto, F. (2020). Modeling and Simulation of MPPT ZETA Converter Using Human Psychology Optimization Algorithm Under Partial Shading Condition. *International Electronics Symposium (IES)*, (pp. 14–20).
- Furtado, A. M. S., Bradaschia, F., Cavalcanti, M. C., Limongi, L. R., & Azevedo, G. M. S. (2017). Power Voltage Characteristics and Global MPPT Algorithms for Any Severe Partial Shading Condition. *Brazilian Power Electronics Conference (COBEP)*, (pp. 1–6).
- Gatto, G., Lai, A., Marongiu, I., & Serpi, A. (2016). Circuitual and Mathematical Modelling of Flyback Converters. *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, (pp. 906–911).
- Haji, D., & Genc, N. (2018). Fuzzy and P&O Based MPPT Controllers Under Different Conditions. *International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, (pp. 649–655).
- Huynh, D. C., Nguyen, T. M., Dunnigan, M. W., & Mueller, M. A. (2013). Global MPPT of Solar PV Modules Using a Dynamic PSO Algorithm Under Partial Shading Conditions. *IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT)*, (pp. 134–139).
- Ishikawa, J., Nakata, A., Torii, A., Doki, K., & Mototani, S. (2014). A DC Voltage Estimation at the Maximum Power Point of a Series Parallel Connection PV System with Partial

- Shade. *International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS)*, (pp. 1–6).
- Johny, L. M. K., & Shafeeque, K. M. (2014). PV Fed Flyback DC-AC Inverter with MPPT Control. *Annual International Conference on Emerging Research Areas: Magnetics, Machines and Drives (AICERA/ICMMD)*, (pp. 1–6).
- Kumar, D., Amarnath, Jain, R., & Singh, R. K. (2019). Comparison of Non-Isolated Boost Converter & Isolated Flyback Converter for PV Application. *International Conference on Innovations in Control, Communication and Information Systems (ICICCI)*.
- Kumar, N., Hussain, I., Singh, B., & Panigrahi, B. K. (2017). Single Sensor Based MPPT for Partially Shaded Solar Photovoltaic by Using Human Psychology Optimisation Algorithm. *IET Generation, Transmission & Distribution*, *11*(10), (pp. 2562–2574).
- Liu, Y.-H., Huang, S.-C., Huang, J.-W., & Liang, W.-C. (2012). A Particle Swarm Optimization-Based Maximum Power Point Tracking Algorithm for PV Systems Operating Under Partially Shaded Conditions. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, *27*(4), (pp. 1027–1035).
- Murdianto, F. D., Efendi, M. Z., Setiawan, R. E., & Hermawan, A. S. L. (2017). Comparison Method of MPSO, FPA, and GWO Algorithm in MPPT SEPIC Converter Under Dynamic Partial Shading Condition. *International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, (pp. 315–320).
- Patil, S. P., Patil, R. R., Mulla, A. M., & Patil, S. D. (2017). Performance Analysis of Interleaved Flyback Inverter Topology for Single Phase High Power Application Using MATLAB Simulink. *International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, (pp. 1–5).
- Rony, Y., Kartini, U. T., Wrahatnolo, T., Elektro, J. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (2022). *Pemodelan Transfer Energi Smartgrid Potovoltaic Dengan Sensor Suhu Untuk Efisiensi Energi*. *4*(2), (pp. 89–98).
- Singh, R., Bose, S., & Dwivedi, P. (2020). Closed Loop Control of Flyback Converter with PV as a Source. *IEEE 9th Power India International Conference (PIICON)*, (pp. 1–6).